



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA

TESIS DOCTORAL

**Evaluación de infraestructuras para el impulso
sostenible de la comarca de La Costera**

Presentada por:

Francisco Juan García

Dirigida por:

Dr. Jorge Curiel Esparza

Dr. Julián Cantó Perelló

Dr. Manuel Guzmán Martín Utrillas

Valencia, Septiembre de 2015

A María José, que no pudo verla terminada.

Resumen

El papel de las infraestructuras en el impulso del crecimiento económico de las regiones es ampliamente reconocido. En muchos casos, una infraestructura es seleccionada por razones subjetivas. La selección de la infraestructura óptima para el desarrollo sostenible de una región debería basarse en razones objetivas y justificadas, y no sólo económicas, sino también ambientales y sociales. En esta tesis doctoral se desarrolla tal selección a través de un método híbrido basado en Delphi, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y VIKOR (del serbio, ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). Para ello, un panel de expertos evalúa tanto las infraestructuras como los criterios para su selección. El método permite verificar la consistencia de las respuestas de los expertos. En nuestro caso, AHP proporciona valores de preferencia para cada infraestructura usando el método del autovector. Por su parte, el método VIKOR evalúa si la infraestructura propuesta es la que mejor se ajusta a la opinión predominante, minimizando la pena de las opiniones más divergentes. Así, para la comarca de La Costera, la región en estudio, esta tesis concluye que la ruta temática es la infraestructura óptima.

Abstract

The role of infrastructures in boosting the economic growth of the regions is widely recognized. In many cases, an infrastructure is selected by subjective reasons. Selection of the optimal infrastructure for sustainable economic development of a region should be based on objective and founded reasons, not only economical, but also environmental and social. In this paper is developed such selection through a hybrid method based on Delphi, analytical hierarchy process (AHP), and VIKOR (from Serbian, ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). To do this, a panel of experts assesses both the infrastructures and the drivers for their selection. The method lets us to verify the consistency of answers from experts. In our case, AHP obtains preference values for each infrastructure using the eigenvector method. Meanwhile, the VIKOR method evaluates whether the proposed is the one that best fits the prevailing view, minimizing the regret to the most separate opinions. Thus, for La Costera (Spain), the region under study, this research work concludes that the thematic route is the optimal infrastructure.

Resum

El paper de les infraestructures en l'impuls del creixement econòmic de les regions és àmpliament reconegut. En molts casos, una infraestructura és seleccionada per raons subjectives. La selecció de la infraestructura òptima per al desenrotllament sostenible d'una regió hauria de basar-se en raons objectives i justificades, i no sols econòmiques, sinó també ambientals i socials. En esta tesi doctoral es desenrotlla tal selecció a través d'un mètode híbrid basat en Delphi, el Procés Analític Jeràrquic (AHP) i VIKOR (del serbi, VišeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). Per a això, un panell d'experts avalua tant les infraestructures com els criteris per a la seua selecció. El mètode permet verificar la consistència de les respostes dels experts. En el nostre cas, AHP proporciona valors de preferència per a cada infraestructura usant el mètode de l'autovector. Per la seua banda, el mètode VIKOR avalua si la infraestructura proposada és la que millor s'ajusta a l'opinió predominant, minimitzant la pena de les opinions més divergents. Així, per a la comarca de la Costera, la regió en estudi, esta tesi conclou que la ruta temàtica és la infraestructura òptima.

INDICE GENERAL

RESUMEN, ABSTRACT, RESUM	5
ÍNDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	15
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN	21
2.1 Las infraestructuras y el desarrollo económico ..	23
2.2 El desarrollo económico sostenible	29
2.3 Las Actuaciones Territoriales Estratégicas	40
2.4 El ámbito territorial del estudio	45
2.5 La decisión objetiva en la selección	60
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	63
3.1 Método Delphi.....	69
3.2 Proceso Analítico Jerárquico (AHP).....	73
3.3 Método VIKOR	90
CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA A LA COSTERA	97
4.1 Delphi-AHP. Formación de la Estructura Jerárquica...	99
4.2 Resultados de la aplicación del AHP	109
4.3 Aplicación del método VIKOR	143

CAPÍTULO 5:	CONCLUSIONES	157
CAPÍTULO 6:	REFERENCIAS	163
ANEXO:	ARTÍCULO PUBLICADO	177

Índice de figuras

- Figura 1 Los países integrantes de G-20
- Figura 2 Logo de la Cumbre del G20 Seúl 2010
- Figura 3 Logo de la Cumbre del G20 Los Cabos 2012
- Figura 4 Logo de la Cumbre del G20 San Petersburgo 2013
- Figura 5 Logo de la Cumbre del G20 Brisbane 2014
- Figura 6 Logo del Club de Roma
- Figura 7 Logo Estocolmo 92
- Figura 8 Logo PNUMA
- Figura 9 Desarrollo sostenible y no sostenible
- Figura 10 Logo Rio 92
- Figura 11 Logo COP21 Paris 2015
- Figura 12 Logo Cumbre Johannesburgo 2002
- Figura 13 Logo Conferencia Rio+20
- Figura 14 Hitos en el Medio Ambiente
- Figura 15 Enorme presencia en el territorio de una infraestructura de paso
- Figura 16 La comarca de La Costera en la Comunidad Valenciana
- Figura 17 Los municipios de La Costera
- Figura 18 Gráfico de la población municipal de la comarca en orden descendente
- Figura 19 Relieve del corredor de La Costera
- Figura 20 Red de carreteras de La Costera
- Figura 21 Trazado de la Vía Augusta en la comarca de La Costera
- Figura 22 Itinerarios alternativos Valencia-Madrid (siglo XVIII)
- Figura 23 Área Funcional de Xàtiva
- Figura 24 Propuestas de la ETCV para el AF de Xàtiva (1)
- Figura 25 Propuestas de la ETCV para el AF de Xàtiva (2)
- Figura 26 Las tres patas de la sostenibilidad (Xiang)
- Figura 27 Modelo de Estructura Jerárquica
- Figura 28 Metodología (fase I)

- Figura 29 Metodología (fase II)
- Figura 30 Método VIKOR. Solución de compromiso
- Figura 31 Balsas de riego en las inmediaciones de Cerdà
- Figura 32 Estructura Jerárquica de la Tesis
- Figura 33 Valoración o peso de los criterios
- Figura 34 Valoración de alternativas según el criterio AOI
- Figura 35 Valoración de alternativas según el criterio GFT
- Figura 36 Valoración de alternativas según el criterio ECG
- Figura 37 Valoración de alternativas según el criterio ENI
- Figura 38 Valoración de alternativas según el criterio MUS
- Figura 39 Valoración de alternativas según el criterio JSE
- Figura 40 Valoración de alternativas según el criterio SOI
- Figura 41 Gráfico acumulado de valoraciones de alternativas
- Figura 42 Gráfico de evaluación global
- Figura 43 Representación gráfica de la matriz de comparación de alternativas
- Figura 44 Evaluación de las infraestructuras
- Figura 45 Valoración de la mejor alternativa oscilando el peso de cada criterio
- Figura 46 Distancia de la mejor alternativa con las oscilaciones del peso de los criterios
- Figura 47 Resultados VIKOR. Valores Q de las alternativas
- Figura 48 Gráfico de preferencias VIKOR de alternativas
- Figura 49 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.1$)
- Figura 50 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.2$)
- Figura 51 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.3$)
- Figura 52 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.4$)
- Figura 53 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.5$)
- Figura 54 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.6$)
- Figura 55 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.7$)
- Figura 56 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.8$)
- Figura 57 Valor de Q para cada alternativa ($n = 0.9$)
- Figura 58 Valor de Q para cada alternativa ($n = 1.0$)
- Figura 59 Comparativa de valores para cada alternativa (n desde 0.1 a 1.0)
- Figura 60 Condición de ventaja aceptable para los distintos valores de n (de 0.1 a 1.0)

Índice de tablas

Tabla	1	Conferencias de las Partes de la UNFCCC
Tabla	2	Habitantes de los municipios de la comarca de La Costera
Tabla	3	Escala Fundamental de comparación por pares (Saaty)
Tabla	4	Escala Fundamental de comparación por pares (Vargas)
Tabla	5	Comparación de criterios consigo mismos
Tabla	6	Juicios en la comparación de criterios por pares
Tabla	7	Fila de juicios a partir de la diagonal
Tabla	8	Los elementos simétricos son inversos
Tabla	9	Índice de consistencia aleatorio RCI
Tabla	10	Valores máximos de CR según n
Tabla	11	Funciones criterio. Mejor y peor de los valores f_i
Tabla	12	Valores S, R, Q
Tabla	13	Clasificación de alternativas según S, R, Q
Tabla	14	Cuestionario para la evaluación de los criterios
Tabla	15	Evaluación de criterios
Tabla	16	Normalización de valores
Tabla	17	Primera potencia de la matriz
Tabla	18	Peso de los criterios en %
Tabla	19	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio AOI
Tabla	20	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio GFT
Tabla	21	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio ECG
Tabla	22	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio ENI
Tabla	23	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio MUS
Tabla	24	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio JSE
Tabla	25	Cuestionario de evaluación de infraestructuras atendiendo al criterio SOI

Tabla	26	Comparación de alternativas para el criterio AOI
Tabla	27	Prioridades de alternativas para el criterio AOI
Tabla	28	Comparación de alternativas para el criterio GFT
Tabla	29	Prioridades de alternativas para el criterio GFT
Tabla	30	Comparación de alternativas para el criterio ECG
Tabla	31	Prioridades de alternativas para el criterio ECG
Tabla	32	Comparación de alternativas para el criterio ENI
Tabla	33	Prioridades de alternativas para el criterio ENI
Tabla	34	Comparación de alternativas para el criterio MUS
Tabla	35	Prioridades de alternativas para el criterio MUS
Tabla	36	Comparación de alternativas para el criterio JSE
Tabla	37	Prioridades de alternativas para el criterio JSE
Tabla	38	Comparación de alternativas para el criterio SOI
Tabla	39	Prioridades de alternativas para el criterio SOI
Tabla	40	Prioridad de las alternativas para cada criterio
Tabla	41	Prioridad Global de las infraestructuras
Tabla	42	Variación del peso de los criterios
Tabla	43	Prioridad de las alternativas al variar los pesos de los criterios
Tabla	44	Mejor alternativa y su distancia al variar el peso de los criterios
Tabla	45	Funciones criterio. Valores f^* y f^v
Tabla	46	Valores S, R
Tabla	47	Valores Q
Tabla	48	Número de orden de las alternativas según S, R, Q
Tabla	49	Clasificación de Alternativas según R, S, Q
Tabla	50	Valores Q para cada alternativa según el valor de ν
Tabla	51	Valores Q de cada alternativa variando ν de 0,1 a 1,0.

Lista de acrónimos

AHP	Analytic Hierarchy Process (Proceso Analítico Jerárquico)
AOI	Amount of Investment (Importe de la Inversión)
ATE	Actuación Territorial Estratégica
AVE	Alta Velocidad Española (Tren de alta velocidad y su vía)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (de la ONU)
CI	Consistency Index (Índice de consistencia)
CMMAD	Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo
COP	Conferencia de las Partes
CR	Consistency Ratio (Ratio de consistencia)
CW	Cableway (Cable teleférico)
ECG	Economic Growth (Crecimiento o impulso económico)
EM	Ethnological Museum (Museo Etnológico)
ENI	Environmental Impact (Impacto Ambiental)
ETCV	Estrategia Territorial de la Comunidad Valenciana
FFCC	Ferrocarril, ferrocarriles
G-20	Grupo de los 20
G-7	Grupo de los 7
G-8	Grupo de los 8
GFT	Grant & Financial Terms (Subvenciones y condiciones de financiación)

JSE	Job & Social Equity (Trabajo y Equidad Social)
LOTUP	Ley de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje (Comunidad Valenciana)
MCDM	Métodos de Decisión Multicriterio
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MR	Multipurpose Reservoir (Embalse multiusos)
MUS	Municipalities Sustainability (Sostenibilidad de los municipios)
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCI	Random Consistency Index (Índice de consistencia aleatorio)
SOI	Social Impact (Impacto Social)
TR	Thematic Route (Ruta Temática)
UIMP	Universidad Internacional Menéndez Pelayo
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
VIKOR	Método de selección (VišeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La creación de infraestructuras representa un impulso del desarrollo económico de una región. En consecuencia, cuando existe el propósito de impulsar la economía de una región determinada, la actuación en ejecución de infraestructuras se presenta como una opción muy valiosa.

Sin embargo, la creación de infraestructuras es una propuesta considerablemente amplia, y de grandes implicaciones, y la pregunta es obvia: Fijado el objetivo de impulsar el desarrollo económico de una región determinada mediante la creación de una infraestructura, ¿qué infraestructura debe abordarse, o debe abordarse primero?

En primer lugar, si el objeto de la ejecución de una infraestructura es impulsar el desarrollo económico de una región, las condiciones y la realidad de la región misma son determinantes para decidir cuál es el tipo de infraestructura más adecuado. Por otra parte, la ejecución de una infraestructura exige una inversión económica que debe guardar relación con el desarrollo también económico que se persigue. Pero, además, las actuaciones en la propia infraestructura, tanto como el desarrollo económico que se pretende, deben contar necesariamente con las características de la sostenibilidad, lo cual exige no sólo eficiencia económica, sino también absoluto respeto al medio ambiente (en su sentido más amplio) y equidad social. La sostenibilidad es esencial para las áreas rurales (Adimassu et al. 2013).

Finalmente, la selección de la citada infraestructura corresponde a los poderes públicos, a las instituciones políticas, y la sociedad percibe cierta parcialidad, es decir, falta de objetividad y de fundamento en las decisiones adoptadas en la selección y asignación de infraestructuras de todo tipo en relación con ciertas regiones. La solución elegida debe cumplir, pues, una serie de condiciones; algunas de las cuales son de muy difícil cuantificación y, además, se adivinan contradictorias entre sí.

Con el objetivo bien definido, vistas las consideraciones generales expuestas y ante la vastedad de las posibilidades, ¿puede seleccionarse racional y objetivamente la mejor infraestructura? Y, si se puede, ¿cómo hacer dicha selección? ¿Cuál es la infraestructura más adecuada para un ámbito determinado? ¿En qué tipo de infraestructura debe materializarse la inversión?

Responder a esta cuestión, es decir, seleccionar la infraestructura óptima para impulsar el desarrollo económico sostenible de una región determinada, con plena libertad de criterio respecto de condicionantes distintos de la eficacia; y, en particular, responder a la pregunta: ¿cuál es la infraestructura de ejecución prioritaria que debería seleccionarse para la comarca de La Costera, en tanto que la más adecuada para su impulso económico sostenible? es el objeto de esta Tesis.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN

2.1. Las infraestructuras, factor de desarrollo económico.

Existe a todos los niveles un amplio consenso acerca de la relación positiva y directa entre la inversión en infraestructuras y el impulso al desarrollo económico de las regiones, de modo que dicha relación se ha convertido desde un tiempo a esta parte uno de los temas de estudio más populares en la literatura científica y en la investigación económica (Snieska & Simkunaite. 2009).

Según Sutcliffe (1993), se entiende que el desarrollo económico es un concepto general, propio de los que observan la sociedad en su conjunto, y que viene:

- asociado al aumento de la satisfacción de las necesidades
- planteado a nivel de colectividad
- medido en términos de renta per cápita.

Y, aunque con notables diferencias en la valoración de las formas concretas de dicho desarrollo, se trata de un objetivo deseable tanto por los defensores como por los críticos del capitalismo.

Desde finales de los años ochenta una parte importante de la literatura económica ha concentrado notables esfuerzos en tratar de cuantificar el impacto económico de la inversión pública en infraestructuras. El debate acerca de esta cuestión se extendió rápidamente desde Estados Unidos al análisis de otras economías desarrolladas a raíz del trabajo inicial de Aschauer (1989), quien

demonstró con sólidos datos empíricos que el gasto público en infraestructuras era muy productivo para el conjunto del sector privado de la economía estadounidense, y que dicho efecto productivo era cuantitativamente muy importante (Boscá et al. 2011).

Sin embargo, a pesar de la afirmación anterior, el término infraestructura no cuenta con el mismo consenso en su aceptación, sino que tiene una variedad de definiciones e interpretaciones, en función de la focalización del interés de los distintos investigadores.

Como indican Snieska & Simkunaite (2009), los economistas y planificadores urbanos distinguen dos tipos de infraestructuras: las económicas y las sociales. Las del primer tipo son las que permiten y favorecen el desarrollo de la actividad económica general, como el transporte, las comunicaciones, los suministros y abastecimientos y la recogida y tratamiento de residuos y aguas; así, tenemos las carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, puertos marítimos, canales, electricidad, telecomunicaciones, abastecimiento de agua y saneamiento y depuración. Las infraestructuras sociales son las que favorecen los estándares de salud, educación y cultura y ocio de la población, como las escuelas, universidades, bibliotecas, hospitales, tribunales, museos, teatros y auditorios, parques, fuentes y estatuas, es decir, las actividades que tienen impacto directo e indirecto sobre el bienestar.

Y, si las infraestructuras económicas están en la base de la actividad económica, también las infraestructuras sociales tienen un papel importante en la contribución al desarrollo económico, toda vez que se trata de servicios que satisfacen necesidades colectivas generando usuarios y empleo.

El propio Banco Mundial, que trata frecuentemente de esta materia, reconoce en su informe de 2004 la amplitud del concepto y, consecuentemente, declara que la infraestructura es un término genérico para muchas actividades, que desempeña un papel muy importante para la economía industrial y general.

En la presente Tesis, las infraestructuras son entendidas como las obras, instalaciones o servicios de carácter o interés colectivo que permiten el funcionamiento o el desarrollo de determinadas actividades; y nos referimos a las infraestructuras de cualquier tipo sin hacer ninguna distinción entre ellas.

Las infraestructuras pueden promoverse y ejecutarse por la iniciativa pública o privada, o a través de empresas mixtas; pero, dado que ellas mismas son, por definición, de interés colectivo, y que la finalidad última de las infraestructuras consideradas es el desarrollo económico de la comunidad, las infraestructuras poseen un destacado componente público (Fourie. 2006); se entiende, pues, que cuando menos, las infraestructuras requieren decisiones públicas en el proceso de aprobación, ejecución y, especialmente, en su selección o priorización entre varias infraestructuras posibles.

El G-20 o Grupo de los 20 es el foro de análisis de la economía mundial formado por los siete países más industrializados o G-7 (Canadá, Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia, Reino Unido e Italia) más Rusia (lo que constituye el G-8), más once países recientemente industrializados de todas las regiones del mundo, (Méjico, Brasil, Argentina, China, Corea del Sur, Turquía, Arabia Saudí, India, Indonesia, Sudáfrica y Australia), más la Unión Europea como bloque económico unitario.



Figura 1. Los países integrantes del G-20

Los jefes de Estado o de Gobierno, ministros de economía y gobernadores de los bancos centrales del G-20 se reúnen una vez al año en una Cumbre para estudiar la situación de dichos países y de las economías emergentes, y adoptar acuerdos para mantener la estabilidad financiera internacional. Al final de cada Cumbre del G-20 tiene lugar una declaración de los Líderes en la que se manifiestan una serie de conclusiones y se proponen medidas para el estímulo del crecimiento económico.

En la declaración de los Líderes de la Cumbre de Seúl 2010, uno de los principales objetivos del G-20 fue impulsar y mantener la demanda global, promover la creación de empleo, contribuir a reequilibrar y aumentar nuestro potencial crecimiento a través de la inversión en infraestructuras.



Fig.2. Logo Cumbre de Seúl



Fig.3. Logo Cumbre Los Cabos

Los años más tarde, en la Cumbre de Los Cabos 2012, todos los miembros del G-20 solicitaban a los Ministros de Finanzas y a los Gobernadores de los Bancos Centrales que considerasen las vías por las cuales podían fomentar la inversión en infraestructuras y asegurar la disponibilidad de financiación suficiente para proyectos de infraestructura.

En 2013, la Declaración de los Líderes de la Cumbre de San Petersburgo incluyó una consideración acerca de los trabajos que desarrollan el Banco Mundial y los Bancos Regionales de Desarrollo para movilizar y catalizar financiación adicional para inversión en infraestructuras, particularmente en mercados emergentes y países en desarrollo.



Fig.4. Logo Cumbre S. Petersburgo



Fig.5. Logo Cumbre Brisbane

Y en 2014, en la correspondiente Declaración de la cumbre de Brisbane se manifiesta la creación de la Iniciativa Global de Infraestructura, un programa de trabajo multianual para incrementar la inversión pública y privada de calidad en infraestructura, y se acuerda un conjunto voluntario de

mejores prácticas para promover y priorizar las inversiones de calidad, particularmente en infraestructura.

Por otra parte, son numerosos los trabajos que confirman la relación directa entre la inversión en infraestructuras y el desarrollo económico. Así, Haider et al. (2013) afirman que la opinión más extendida entre los políticos y los economistas es que la inversión en infraestructuras es útil como instrumento para la creación de empleo y como estímulo para la economía. Amador-Jiménez & Willis (2012) ya habían demostrado la correlación entre infraestructuras y desarrollo nacional. Y además, Zang et al. (2013) declaran que el desarrollo de infraestructuras sostenibles es importante para el crecimiento económico a largo plazo.

Lin y Doemeland, altos funcionarios del Banco Mundial, afirman que las inversiones en infraestructura pueden generar un número significativo de puestos de trabajo en el corto plazo, incluso en sectores y duramente golpeados por la crisis como la construcción, pues aparte de crear puestos de trabajo por sí mismas, también generan empleo indirecto en las industrias auxiliares. Los proyectos de infraestructura utilizan bienes de capital como camiones, excavadoras, etc., y generan indirectamente puestos de trabajo en el sector de la fabricación. Este empleo directo e indirecto eleva los ingresos familiares y el consumo, que puede crear puestos de trabajo inducidos adicionales (Lin & Doemeland, 2012).

2.2. El impulso económico y el desarrollo sostenible

Una de las definiciones más aceptadas de medio ambiente es la que se dio en la Conferencia de las Naciones Unidas en Estocolmo en 1972: Es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales, capaces de afectar de forma directa o indirecta, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas.

Desde el punto de vista más actual, puede afirmarse que el medio ambiente es el entorno natural, social y cultural del ser humano, del que éste es parte integrante antes que su principal protagonista. Se trata no sólo del espacio o territorio en que se desarrollan los seres vivos, sino también de los propios seres vivos, los tres elementos vitales (tierra, agua, aire) y las relaciones entre todos ellos, incluyendo intangibles como la cultura. Constituye, pues, un sistema, en tanto que se trata de un conjunto formado por una serie de elementos y las relaciones entre los mismos, y en el que el todo es más que la suma de las partes.

Las consecuencias del desarrollo económico sobre el medio ambiente comenzaron a ser consideradas formalmente en 1972. Así, al tiempo que el Club de Roma (organización no gubernamental fundada en 1968 cuyo interés declarado es contribuir de manera



Fig.6. Logo del Club de Roma

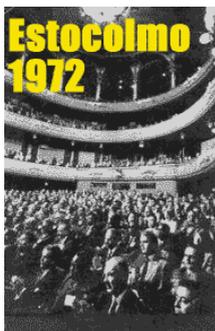


Fig.7. Logo Estocolmo 92

sistemática, interdisciplinar y holística a un mundo mejor) publicaba el informe “Los límites del crecimiento” que había encargado al MIT, y que alertaba de los riesgos del aumento de la población, la industrialización la contaminación y la explotación de los recursos naturales con una sesgada visión malthusiana, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Humano celebrada en Estocolmo (Conferencia de Estocolmo) se planteó por vez primera que la economía no podía desligarse del medio ambiente, pues el desarrollo económico de los países más industrializados estaba comprometiendo el acceso futuro a los recursos naturales.

Esta constatación fue determinante para la creación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA ó UNEP) y la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), marcando una estrategia para abordar los problemas medioambientales propios de dicho desarrollo.



Fig.8. Logo del PNUMA

El concepto de Desarrollo Sostenible se define por primera vez como aquél “que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” en el Informe socioeconómico que bajo el título “Nuestro Futuro Común” fue redactado para la ONU en 1987 (WCED. 1987). Es conocido como Informe Brundtland, por ser la doctora Brundtland quien encabezaba la Comisión redactora.

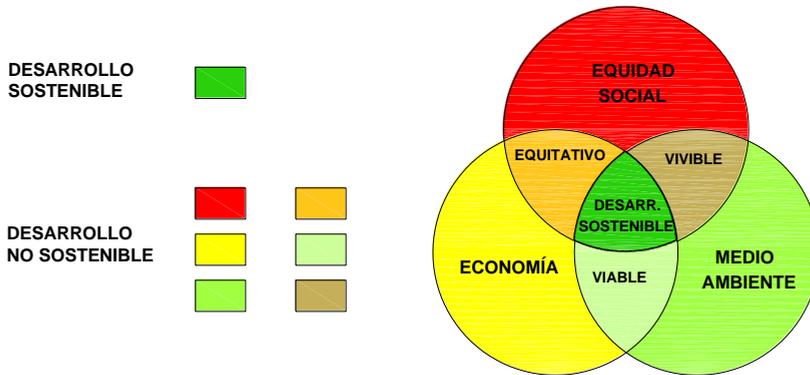


Fig. 9. Desarrollo sostenible y no sostenible.

El Desarrollo Sostenible tiene como componentes necesarios el desarrollo puramente económico y el respeto y protección del medio ambiente, pero también la equidad social. No en vano, en la conferencia de Estocolmo, Indira Gandhi había manifestado que la pobreza es la peor forma de contaminación.

Cinco años más tarde, en 1992, tuvo lugar la Cumbre de Río de Janeiro, Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo conocida como la Primera Cumbre de la Tierra en la que participaron representantes de 108 gobiernos. Su objetivo principal era el de establecer una asociación estratégica entre la Unión Europea y la región de América Latina y el Caribe (ALC).



Fig. 10. Logo Rio 92

En palabras de Guimarães y Bárcena, Investigador y Directora, respectivamente, de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas, la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 supuso un punto de inflexión, pues en ella se sentaron las bases para una nueva visión

mundial del desarrollo sostenible a través de convenciones como la de diversidad biológica y la del cambio climático. Según Najam & Cleveland (2004), la Cumbre de la Tierra de Río es recordada por su aceptación internacional.

La Conferencia de Río 92 estimuló a los gobiernos nacionales, a las organizaciones internacionales y al sector empresarial para reconocer el papel de la evaluación de impacto ambiental en la búsqueda del desarrollo sostenible. (Sánchez & Croal, 2012). Una serie de países incluyeron en su legislación nacional la obligación de la evaluación del impacto ambiental de las actuaciones que pudieran producirlo.

En la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo se establecen 27 principios, de los cuales, el número 4 declara que a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

La Agenda 21 o Programa 21 (en referencia al siglo XXI) es un plan de acción internacional para el desarrollo sostenible, en el que se esbozan las políticas clave para lograr un desarrollo sostenible que satisfaga las necesidades de los pobres y reconoce los límites del desarrollo para satisfacer las necesidades globales. La Agenda 21 se ha convertido en el modelo para la sostenibilidad y constituye la base para las estrategias de desarrollo sostenible. Se trata de definir un equilibrio entre la producción, el consumo, la población, el desarrollo y la capacidad de soporte vital de la Tierra. Se ocupa de la pobreza, el consumo excesivo, la salud y la educación, las ciudades y la agricultura; alimentos y empleo de recursos naturales y varios temas más.

Sus 40 capítulos se dividen en cuatro secciones:

- Dimensiones sociales y económicas: los países en desarrollo; la pobreza; los patrones de consumo; población; la salud; los asentamientos humanos; integración del medio ambiente y el desarrollo.
- Conservación y gestión de los recursos: la atmósfera; la tierra; bosques; desiertos; montañas; la agricultura; la biodiversidad; biotecnología; océanos; agua fresca; químicos tóxicos; residuos y aguas residuales peligrosos, radiactivos y sólido.
- Fortalecimiento del papel de los grupos principales: mujeres; los niños y jóvenes; gente indígena; organizaciones no gubernamentales; autoridades locales; los trabajadores; empresas y la industria; los agricultores; científicos y tecnólogos.
- Medios de ejecución: finanzas; Transferencia tecnológica; la ciencia; la educación; capacidad de construcción; instituciones internacionales; medidas legales; información.

Ese mismo año (1992), un gran número de naciones suscribieron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) para adoptar medidas en la reducción del calentamiento global. Su máxima autoridad, con capacidad de decisión, es la Conferencia de las Partes (COP), que está formada por todos los países (195) que son Partes firmantes en la Convención. Desde 1995 se reúne una vez al año durante dos

semanas en la sede de la Secretaría en Bonn (excepto cuando alguna de las Partes se ofrece como anfitrión) para examinar la aplicación de la Convención y negociar nuevos compromisos. Cada reunión se identifica con las siglas COP seguidas del número de orden de la Conferencia. Las Conferencias de las Partes han sido las siguientes:

Tabla 1. Conferencias de las Partes de la UNFCCC

Conferencia	Año	Sede (Documento/Lema)
COP1	1995	Berlín
COP2	1996	Ginebra
COP3	1997	Kioto (Protocolo de Kioto)
COP4	1998	Buenos Aires
COP5	1999	Bonn
COP6	2000	La Haya
COP7	2001	Bonn/Marrakech
COP8	2002	Nueva Delhi
COP9	2003	Milán
COP10	2004	Buenos Aires (La vida en armonía, hacia el futuro)
COP11	2005	Montreal
COP12	2006	Nairobi
COP13	2007	Balí
COP14	2008	Poznan
COP15	2009	Copenhague
COP16	2010	México
COP17	2011	Durban
COP18	2012	Doha
COP19	2013	Varsovia
COP20	2014	Lima
COP21	2015	París. (Por un acuerdo universal sobre el clima) -A celebrar en noviembre-



Fig. 11. Logo COP21

En la COP20, que tuvo lugar en Lima en diciembre de 2014, se acordó el texto de un documento sobre la reducción de gases de efecto invernadero destinado a sustituir al Protocolo de Kioto, que debe aprobarse en noviembre de 2015 en la COP21 de París.

El Protocolo de Kioto es una cláusula jurídicamente vinculante suscrita en la Tercera sesión de la Conferencia de las Partes (COP3), celebrada en Japón en 1997 y que es, hasta hoy, el principal acuerdo internacional en materia de cambio climático, estableciendo un compromiso de reducción de gases de efecto invernadero. En el período 2013-2020, la unión Europea tiene intención de reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 20 % como mínimo con respecto a los niveles de 1990.

En 1993, el V Programa de Acción Ambiental de la Unión Europea, con el título “Hacia un desarrollo sostenible”, se planteó como objetivo transformar el modelo de crecimiento de la Comunidad, a fin de fomentar el desarrollo sostenible, y propugnó la adopción de un nuevo enfoque en materia de política ambiental comunitaria, basado en principios tales como el de favorecer los cambios de comportamiento social.

En 2002 se celebró la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo, en cuyo logo puede leerse rodeando el planeta: Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, mostrando la importancia que dicho concepto había alcanzado; su objetivo fundamental era la concienciación y la



Fig. 12.- Logo Cumbre de Johannesburgo

incentivación mundial para compatibilizar el crecimiento económico con el medio ambiente y el desarrollo social.

En dicha cumbre se pretendía valorar el desarrollo de la sostenibilidad desde la cumbre de Río de 1992 y evaluar la efectividad de la Agenda 21, con cinco áreas temáticas o puntos clave a tratar:

- Agua y Saneamiento
- Energía
- Salud humana
- Productividad agrícola
- Biodiversidad y la gestión de los ecosistemas

Sin embargo, muchas de las esperanzas puestas en esta Cumbre, con el eco de la Cumbre de Río, quedaron empobrecidos por el escaso cumplimiento de los objetivos anteriores y por las circunstancias internacionales del momento.

En 2012, la conferencia de las partes COP18 se celebró en Doha (Qatar), y en ella se adoptó un conjunto de enmiendas al Protocolo de Kioto, necesarias para hacer posible el cumplimiento del mismo a partir del 1 de enero de 2013.

El mismo año 2012 tuvo lugar –también en Río de Janeiro- la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20 cuyo nombre y cuya sede testimonian y reconocen la importancia de la conocida como Primera Cumbre de la Tierra. Según el programa de la Conferencia, los debates oficiales habían de centrarse en dos temas principales:

- cómo construir una economía verde para lograr el desarrollo sostenible y liberar a la población de la pobreza, incluido el apoyo que permita a los países en desarrollo encontrar un camino verde hacia el desarrollo
- cómo mejorar la coordinación internacional con miras al desarrollo sostenible.

En el Documento Final los Jefes de Estado y de Gobierno (aclararon los objetivos y requisitos del desarrollo social y enunciaron los principios rectores de la política económica verde: ...la erradicación de la pobreza, la modificación de las modalidades insostenibles y la promoción de modalidades de consumo y producción sostenibles, y la protección y ordenación de la base de recursos naturales del desarrollo económico y social son objetivos generales y requisitos indispensables del desarrollo sostenible.



Fig. 13.- Logo Río+20

Y, en palabras de Sha Zukang, Secretario General de la Conferencia Río+20: ¡El desarrollo sostenible no es una opción! Es el único camino que permite a la humanidad compartir una vida digna en este nuestro único planeta.

Podemos destacar gráficamente los principales hitos en el tema medioambiental:



Fig. 14. Hitos en el Medio Ambiente

Se constata la evolución de las Cumbres desde la toma de conciencia acerca del Medio Ambiente hasta la preeminencia del concepto de sostenibilidad.

No podemos obviar que existen otros enfoques de la cuestión, como la ecología política postestructuralista, que argumenta que el modelo dominante propone soluciones globales que solamente sirven los intereses de los grupos poderosos, y que las verdaderas soluciones se encuentran en el ámbito local. Pero este punto de vista se ve reflejado en el último de los apartados-respuesta incluidos en el folleto que anunciaba la Cumbre, y en el que se manifestaba -antes de su celebración- la pregunta: ¿Por qué necesitamos Río+20? A la que seguía como respuesta la lista siguiente:

- El mundo cuenta ya con 7.000 millones de habitantes; en el año 2050 habrá 9.000 millones.
- Una de cada cinco personas (1.400 millones) vive con 1,25 dólares al día o menos.

- Mil quinientos millones de personas no tienen acceso a la electricidad, 2.500 millones carecen de un retrete y casi 1.000 millones pasan hambre cada día.
- Las emisiones de los gases de efecto invernadero siguen aumentando y más de un tercio de las especies conocidas podría extinguirse si continúa sin ponerse coto al cambio climático.
- Para que podamos legar a nuestros hijos y nietos un mundo habitable es necesario hacer frente sin tardanza a la pobreza generalizada y a la destrucción del medio ambiente.
- En el futuro pagaremos un precio mayor, incluso con más pobreza e inestabilidad y con un planeta degradado, si no logramos abordar desde ahora y de un modo adecuado esos desafíos cruciales.
- Río+20 nos da la oportunidad de pensar con criterio global, por lo que todos podemos actuar a nivel local para asegurar nuestro futuro común.

En cualquier caso, es fácil constatar que el concepto de desarrollo sostenible es mayoritariamente aceptado, introducido plenamente en la legislación y, en nuestro caso, inseparable de cualquier forma de desarrollo económico que podamos plantear o perseguir.

2.3. Las Actuaciones Territoriales Estratégicas.

Las infraestructuras son una parte fundamental de la ordenación territorial y del planeamiento urbanístico, cuyo instrumento fundamental es el Plan General; de acuerdo con la organización administrativa y las competencias resultantes de la legislación de régimen local, la legislación urbanística determina la existencia de este Plan de escala municipal del que no debe carecer ningún Ayuntamiento. Sin embargo, el planeamiento municipal queda restringido, por su propio concepto, a los límites administrativos de su término, mientras que son numerosas las infraestructuras que exceden el ámbito local, como las de comunicación entre distintos municipios, o las redes de energía que la distribuyen a cada término desde su central de generación o distribución. Tanto por su alcance competencial como por el coste de las actuaciones, la mayoría de los municipios no pueden abordar, en general, determinadas infraestructuras ni en su planificación ni en su ejecución, las cuales corresponden a las Administraciones de ámbito o nivel superior. La consecuencia de ello es que cada una de éstas, de acuerdo con sus propios objetivos, calendarios y programas, trazan las redes de su competencia sectorial (carreteras, ferrocarriles, trasvases, energía, etc.) sobre el ámbito de su interés y con las características que les convienen, siendo los planes generales municipales los que quedan condicionados y se han de adaptar necesariamente a las mismas. Pero dichas infraestructuras -redes de carácter estructural o primario en la ordenación territorial- no siempre responden a las necesidades ni aprovechan las posibilidades del territorio que ocupan, ni representan beneficio social para el mismo. Por el contrario, constituyen en muchos casos verdaderos obstáculos al

desarrollo por su carácter de barrera física que provoca fragmentación territorial, y se convierten en un condicionante económico negativo de su entorno por la aplicación de servidumbres y distancias de afección, además de crear impactos visuales, sonoros, arqueológicos, etc., de difícil corrección o minimización. Tal es el caso del AVE o de los trasvases, infraestructuras totalmente ajenas al interés o servicio de la mayor parte del territorio que atraviesan.



Fig. 15. Enorme presencia en el territorio de una infraestructura de paso (Google Street)

Es, pues, evidente la dificultad de plantear actuaciones en infraestructuras que potencien económicamente un territorio desde el propio territorio afectado cuando las mismas exceden del término municipal, si dejamos aparte las grandes ciudades y sus áreas metropolitanas. Además de resolver los problemas de financiación, y de someterse a numerosas autorizaciones y condicionantes sectoriales y medioambientales, un municipio debe acordar con sus vecinos incluir modificaciones en el planeamiento para introducir una infraestructura consensuada y de interés compartido. Se concluye entonces la conveniencia de una ordenación

supramunicipal, que permita plantear tales acciones coordinada y coherentemente.

En España, la legislación urbanística ha venido estableciendo una sucesión jerárquica de planes, desde lo general a lo particular. Así, la primera Ley del Suelo (Ley de Regulación y Uso del Suelo y Ordenación Urbana, de 1956) determinaba las facultades de redactar un Plan nacional de urbanismo y de formar planes de urbanismo provinciales, comarcales y municipales. Es de señalar que el Plan Nacional nunca se redactó, y que solamente se redactaron dos planes provinciales: el de Barcelona de 1963 - iniciado en 1945-, y el de Guipúzcoa, de 1965. La reforma de la Ley de 1975 adaptó dichas facultades en el Texto Refundido de 1976, siendo entonces las de redactar un Plan Nacional de Ordenación y de formar Planes Directores Territoriales de Coordinación, Planes Generales Municipales y Normas Complementarias y Subsidiarias del Planeamiento, y en toda la legislación urbanística promulgada desde entonces en España y en las Comunidades Autónomas se prevé la ordenación supramunicipal. A pesar de ello, la realidad es que la mayor parte de los municipios –incluso los de núcleos de población colindantes y sin solución de continuidad, excepción hecha de las áreas metropolitanas- han redactado su Plan General individualmente; y, aunque resulta interesante destacar que la mayoría de los planes redactados de ámbito supramunicipal son comarcales, la iniciativa ha correspondido en su mayor parte a la administración autonómica, con criterios o por razones de planificación estratégica.

La planificación estratégica puede definirse como el esfuerzo orientado a generar aquellas decisiones y acciones consideradas fundamentales para hacer realidad la visión de futuro deseada por

los principales agentes económicos y sociales... mediante una relación de objetivos y de medidas para alcanzarlos, con prioridades bien establecidas (Farinós-Dasí et al. 2005). Se trata, pues, de establecer y describir las actuaciones propias de la ordenación territorial que deberían producir el desarrollo económico y social deseable y posible de un ámbito determinado. De hecho, la planificación territorial estratégica tiene su origen en San Francisco, ciudad que en 1982 elaboró un plan estratégico para impulsar la economía municipal, gravemente dañada por los recortes del gobierno Reagan. Así, aunque la planificación estratégica es planeamiento, sus determinaciones y su regulación normativa son más generales y menos determinantes o detalladas que el Plan General Estructural, en tanto que su objetivo no es la regulación detallada del suelo, sino establecer las grandes líneas maestras del desarrollo, usos y emplazamientos de actividades.

En cualquier caso, tanto el planeamiento supramunicipal como la planificación territorial estratégica conllevan un proceso complejo y largo, con implicaciones holísticas o de globalidad, que incluyen muchas más determinaciones que las propias de la definición de las infraestructuras. Pero, desde el punto de vista del objeto de la presente tesis, lo que se precisa es identificar si un determinado tipo de infraestructura, con un objetivo concreto, que puede extenderse sobre más de un municipio, cuenta con una figura legal que dé amparo a la actuación y puede obtener la aprobación en un plazo más breve que el de los Planes Generales, o sus modificaciones, o un Plan mancomunado. Resulta evidente que, en función de las competencias autonómicas en Ordenación Territorial, cada legislación autonómica ofrece una vía más adecuada al tipo de actuación propuesto en la tesis. En particular, encontramos en la legislación valenciana la figura de la Actuación Territorial

Estratégica (ATE), definida en el artículo 17 de la Ley 5/2014, de 25 de Julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunidad Valenciana (LOTUP), vigente desde el 20 de agosto de 2014.

Según la definición del citado artículo 17 LOTUP, las ATEs tienen por objeto la ordenación, gestión y desarrollo de intervenciones territoriales singulares de relevancia supramunicipal, que así sean declaradas por el Consell, y que por su interés general requieran un procedimiento de tramitación específico y acelerado, lo cual es exactamente lo que requiere el tema objeto de la tesis.

En este aspecto, la LOTUP no hace sino reproducir – con pequeñas variaciones- el artículo 1 de la Ley de Medidas Urgentes de Impulso a la Implantación de Actuaciones Territoriales Estratégicas promulgada dos años antes (Ley 1/2012, de 10 de mayo, de la Generalitat Valenciana) para agilizar determinadas propuestas de interés general, lo que reafirma la relación de las ATEs con el objeto de la Tesis.

Las ATEs pueden localizarse en terrenos situados en uno o varios términos municipales, cualquiera que sea su zonificación, clasificación, estado de urbanización o uso previsto por el planeamiento urbanístico y territorial anterior a su aprobación, lo cual da cabida a cualquier propuesta de infraestructura; pero su declaración como ATE exige:

a) Congruencia con la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana (ETCV).

b) Interés general: producir un impacto supramunicipal favorable y permanente desde el punto de vista económico, social y ambiental, especialmente en la creación de empleo.

c) Integración territorial.

d) Localización selectiva.

e) Efectividad: ejecutarse de forma inmediata.

f) Relevancia.

Los apartados b) y e) se cumplen por hipótesis. Los requisitos c) y d) corresponden a la definición concreta en el proyecto de la infraestructura, una vez seleccionado cuál es el tipo de infraestructura óptimo, y la posibilidad de cumplirlos estimada a priori debe ser tenida en cuenta en la consideración medioambiental de su selección. El grado de relevancia es un intangible imposible de estimar a priori, que deberá justificarse en la obtención de la declaración con el añadido de requisitos administrativos, y en cuanto al apartado a), la congruencia con la ETCV se analiza en el apartado siguiente.

2.4. El ámbito territorial del estudio.

Los efectos positivos de las infraestructuras en el desarrollo económico de una región no vienen restringidos o limitados por el tamaño o las características de la región, la cual, en función de sus particularidades situacionales, geográficas, económicas, etc., etc.,

determinará cuáles son las alternativas a considerar, es decir, condicionará la preselección de las infraestructuras candidatas, pero no el objetivo.

La comarca es un ámbito geográfico o natural con relaciones históricas entre los municipios que la componen; como unidad territorial estratégica de ámbito supramunicipal basada en la identidad territorial, es la escala intermedia más adecuada para el desarrollo territorial (Precedo. 2004). Los municipios de una comarca comparten comunicaciones y servicios, lo que, dada su proximidad, permite que cualquier acción beneficiosa sea también compartida con facilidad.

Nuestro caso de aplicación en la presente Tesis es la comarca de La Costera, que se halla situada al SO de la provincia de Valencia, extendiéndose entre la de Albacete (Puerto de Almansa) por el Oeste, hasta las comarcas de La Ribera y La Safor por el Este.

Su forma alargada en dirección SO-NE se corresponde con la dirección de las formaciones geológicas y orográficas prebéticas, a las que pertenece la Serra Grossa, límite Sur que separa La Costera de La Vall d'Albaida. Por el Norte, la comarca comparte la Sierra de Enguera – Macizo del Caroig con La Canal de Navarrés en su mitad Oeste, mientras que la mitad más al Este limita con la Ribera.

Cuenta con diecinueve municipios, el más importante de los cuales es Xàtiva, que ejerce como capital. La Costera tiene una superficie de 528 Km², y viene a constituir el valle del río Canyoles o de Montesa, que se une al río Albaida en el término de Xàtiva.

En la figura siguiente se puede observar la situación de la comarca dentro de la Comunidad Valenciana



Fig.16. La comarca de La Costera en la Comunidad Valenciana

La población de la comarca (datos del INE de 2011) es de 73.495 habitantes. Los municipios que la componen se muestran en la figura siguiente y sus poblaciones en la fecha citada, en la tabla 2:

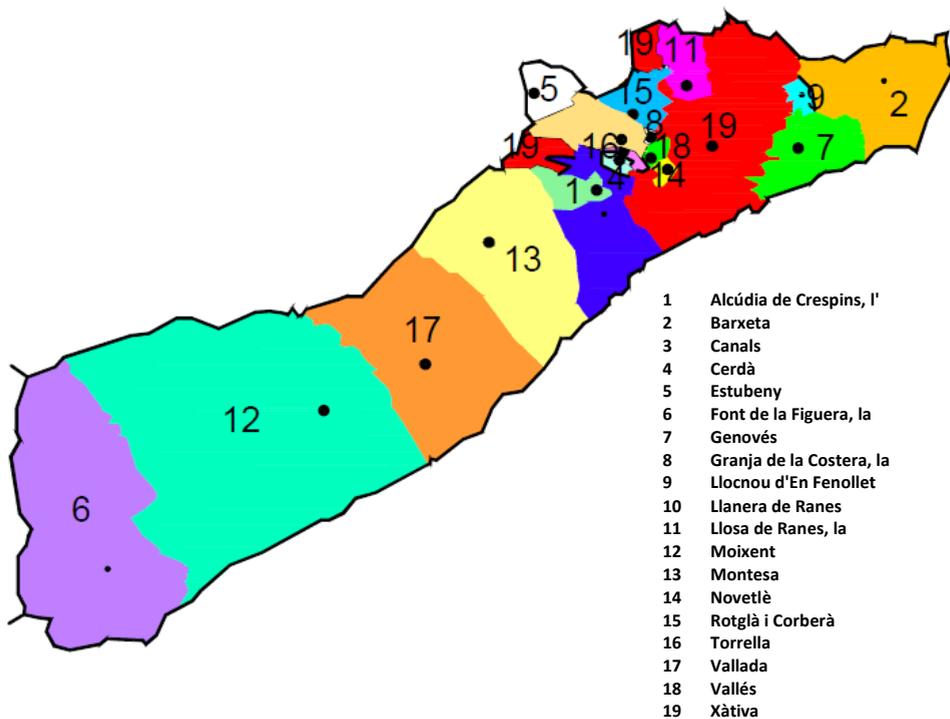


Fig. 17. Los municipios de La Costera

Tabla 2.- Habitantes de los municipios de La Costera (2011)

MUNICIPIO	ABREV.	Nº HABITANTES
Alcúdia de Crespins, l'	AC	5.231
Barxeta	BX	1.622
Canals	CN	13.951
Cerdà	CD	407
Estubeny	ES	128
Font de la Figuera, la	LF	2.170
Genovés	EG	2.833
Granja de la Costera, la	LG	412
Llocnou d'En Fenollet	LN	902
Llanera de Ranes	LL	1.107
Llosa de Ranes, la	LR	3.970
Moixent	MX	4.668
Montesa	MT	1.316
Novetlè	NV	873
Rotglà i Corberà	RC	1.165
Torrella	TR	159
Vallada	VL	3.303
Vallés	VS	152
Xàtiva	XT	29.125

Se observa que la población de Xàtiva es algo mayor del doble de la siguiente (Canals), y que entre las dos sobrepasan la mitad de la población comarcal.

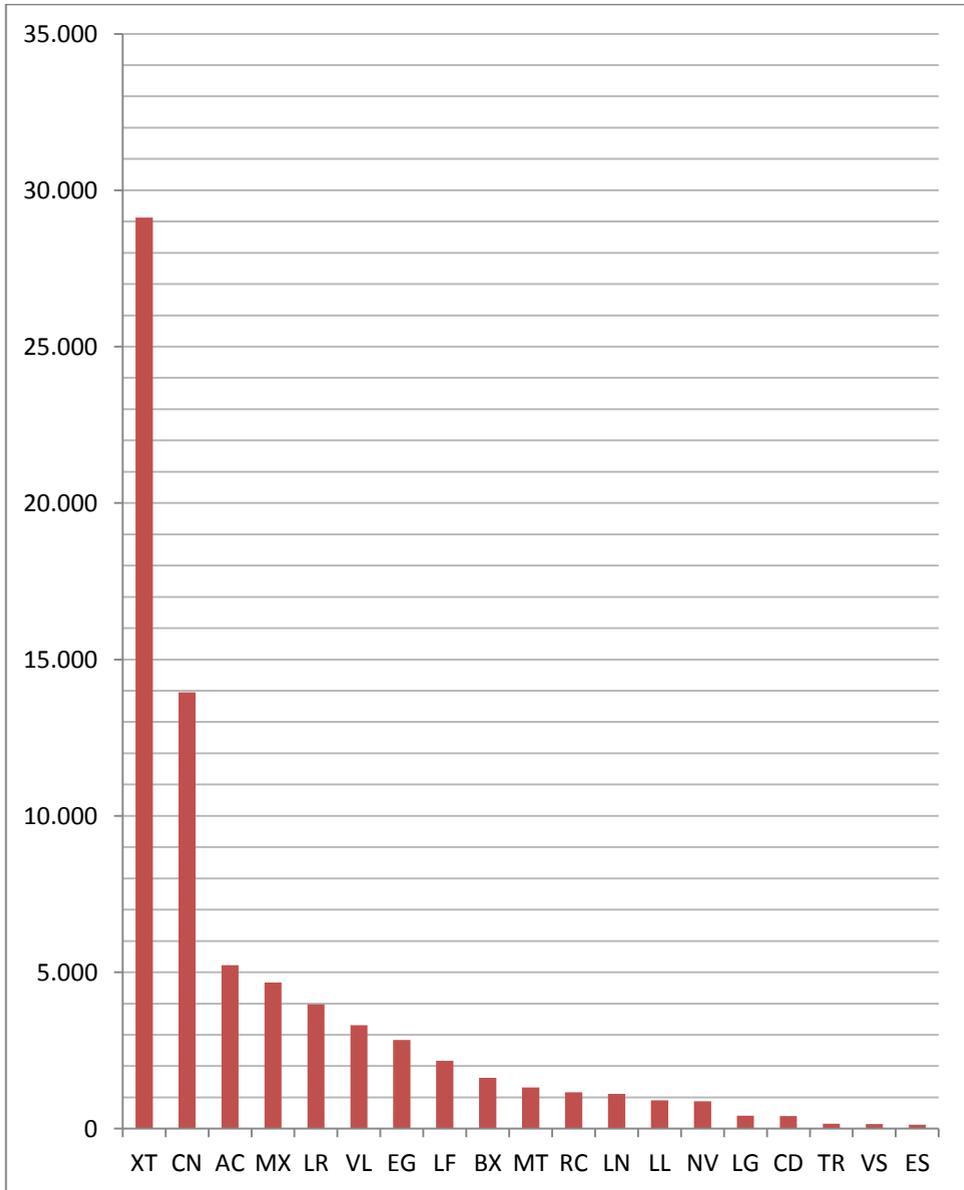


Fig. 18. Gráfico de la población municipal de la comarca en orden decreciente

El valle del río Canyoles constituye un corredor natural (y, por lo tanto, histórico) en las comunicaciones entre Valencia y la Meseta.

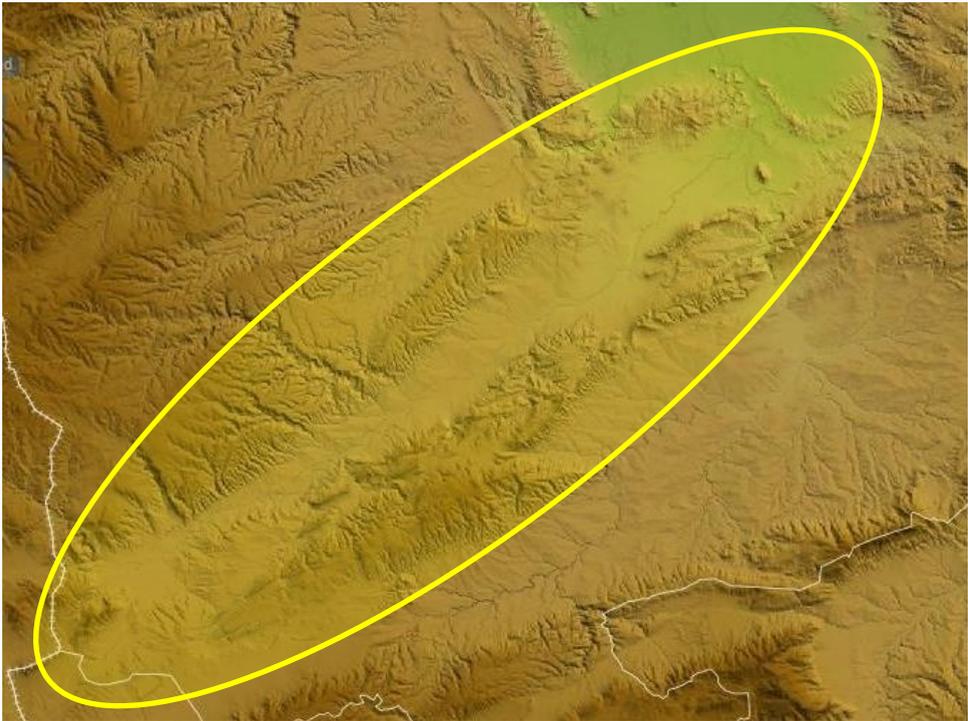


Fig.19. Relieve del corredor de La Costera

Esta condición de paso natural ha dado lugar a la ocupación del territorio por todo tipo de infraestructuras, sin que necesariamente representen un beneficio para el mismo. Así, las antiguas carreteras Nacional 340 y la 430, hoy Autovía de Levante; el ferrocarril de vía ancha y el AVE; el trasvase Júcar-Vinalopó desde Cullera, y el gasoducto, discurren a lo largo de la comarca de La Costera, como lo habían hecho la Vía Augusta y la Vía Heráclea o de Aníbal.

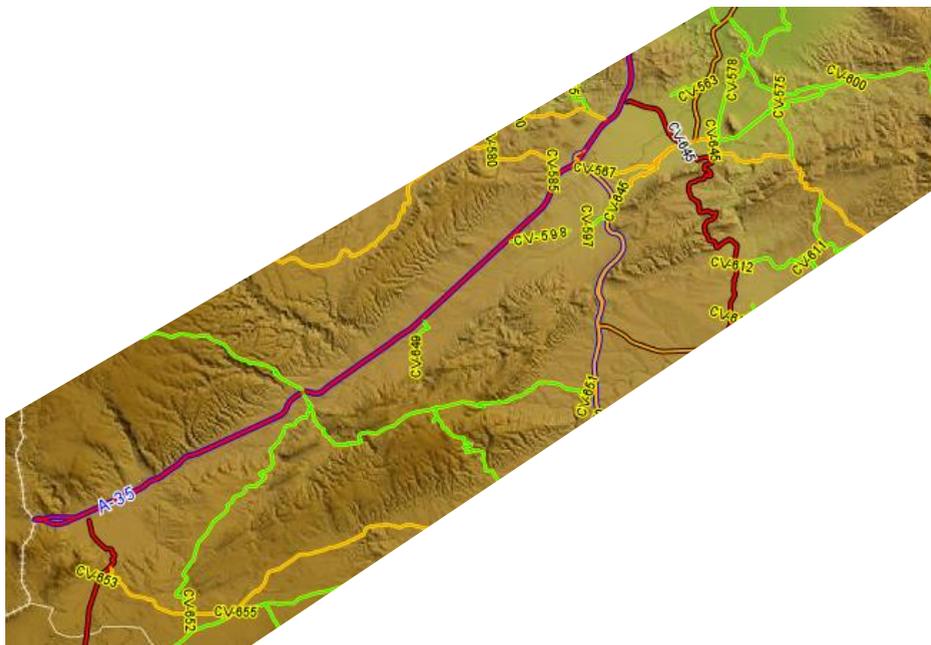


Fig. 20. Red de carreteras de La Costera. Destaca la autovía A-35 (Valencia-Albacete)



Fig. 21. Trazado de la Vía Augusta en la comarca de La Costera

La ESTRATEGIA TERRITORIAL DE LA COMUNITAT VALENCIANA (ETCV) es, según su propia definición, el instrumento que define un modelo territorial de futuro para la Comunidad Valenciana con el máximo consenso entre los agentes sociales que operan en el territorio.

La ETCV distribuye las treinta y cuatro comarcas en quince Áreas Funcionales, agrupando en el Área Funcional de Xàtiva las comarcas de La Costera y la Canal de Navarrés.

Muchas de las principales características estratégicas destacadas por la ETCV para el Área Funcional de Xàtiva corresponden exclusivamente a La Costera, no sólo por su mayor peso económico y poblacional, sino también por ser las que resultan de su situación y su configuración como corredor de conexión entre los espacios litorales y la Meseta y centro peninsular, lo cual constituye una renta de situación óptima para desarrollar usos y actividades logísticas de escala regional.

Como documento estratégico, la ETCV tiene el objetivo declarado de mejorar la competitividad del área. En todo caso, nuestro interés en la ETCV reside en que:

- es referencia de congruencia para la declaración de ATE
- incluye propuestas de desarrollo económico para La Costera

Estas propuestas de la ETCV para La Costera pueden agruparse, según sus propios términos, en los dos apartados siguientes:

- A) Infraestructuras
- B) Actuaciones o fórmulas innovadoras

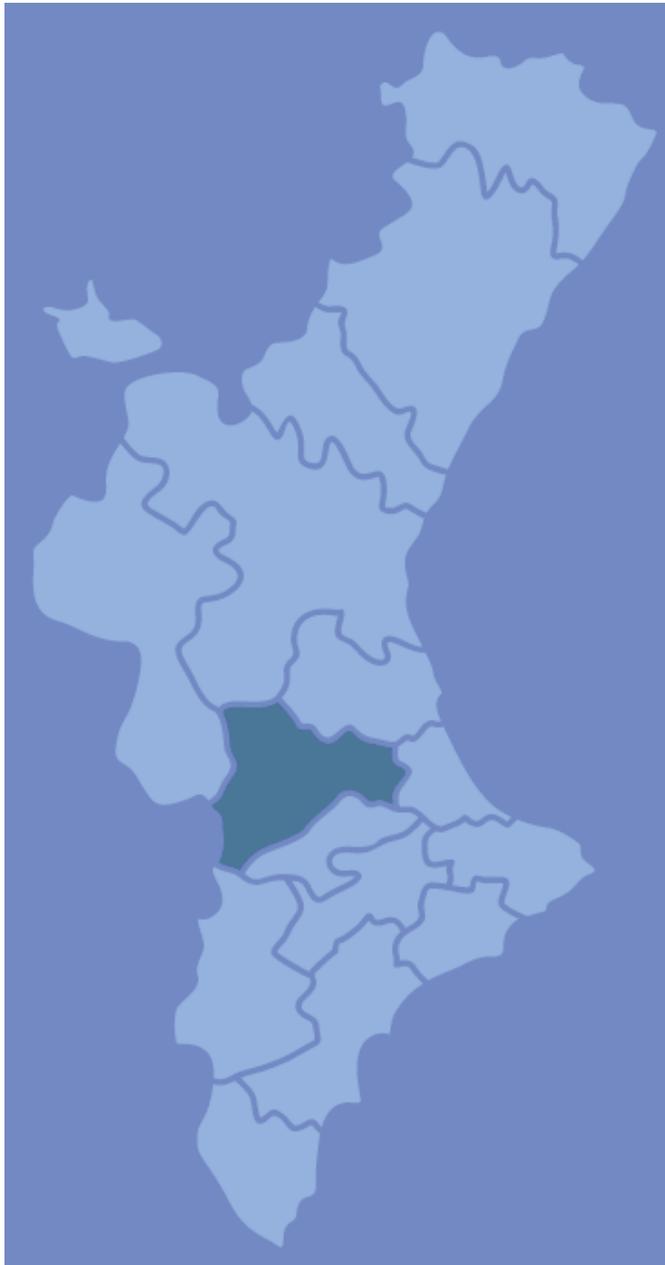


Fig.23. Área funcional de Xàtiva

Pero, de acuerdo con la definición o concepto de infraestructura adoptado en la presente Tesis, el apartado B con las actuaciones que lo constituyen queda incluido en el mismo conjunto genérico de “infraestructuras”.

El apartado A de la ETCV incluye las Infraestructuras de vertebración externa e interna para la mejora de la conectividad global y la movilidad sostenible, y las energéticas, hídricas y de telecomunicaciones para evitar la discriminación territorial en la implantación de actividades económicas, según la relación siguiente:

- Culminación de la CV-60 con el litoral de La Safor
- Desdoblamiento de accesos a Xàtiva desde la A-7
- Vía parque Xàtiva-Canals
- Culminación de todos los tramos de la autovía central A-7
- Culminación de la alta velocidad La Encina-Valencia
- Actuaciones AEROPAT en el área funcional
- Hub de movilidad en Xàtiva
- Plataforma reservada de transporte/servicio exprés en estudio Xàtiva-La Llosa de Ranes-Canals
- Servicio exprés en estudio Xàtiva-Gandia y Xàtiva-Ontinyent-Alcoi
- Mejora de cercanías Valencia-Xàtiva-Moixent
- Remodelación del FFCC Xàtiva-Alcoi
- Red ciclista de La Costera
- Reutilización en L'Alcúdia de Crespins - Canals
- Duplicación del gasoducto Cartagena - Montesa y extensión por la comarca
- Extensión de las telecomunicaciones al mundo rural
- Central de biomasa en Xàtiva

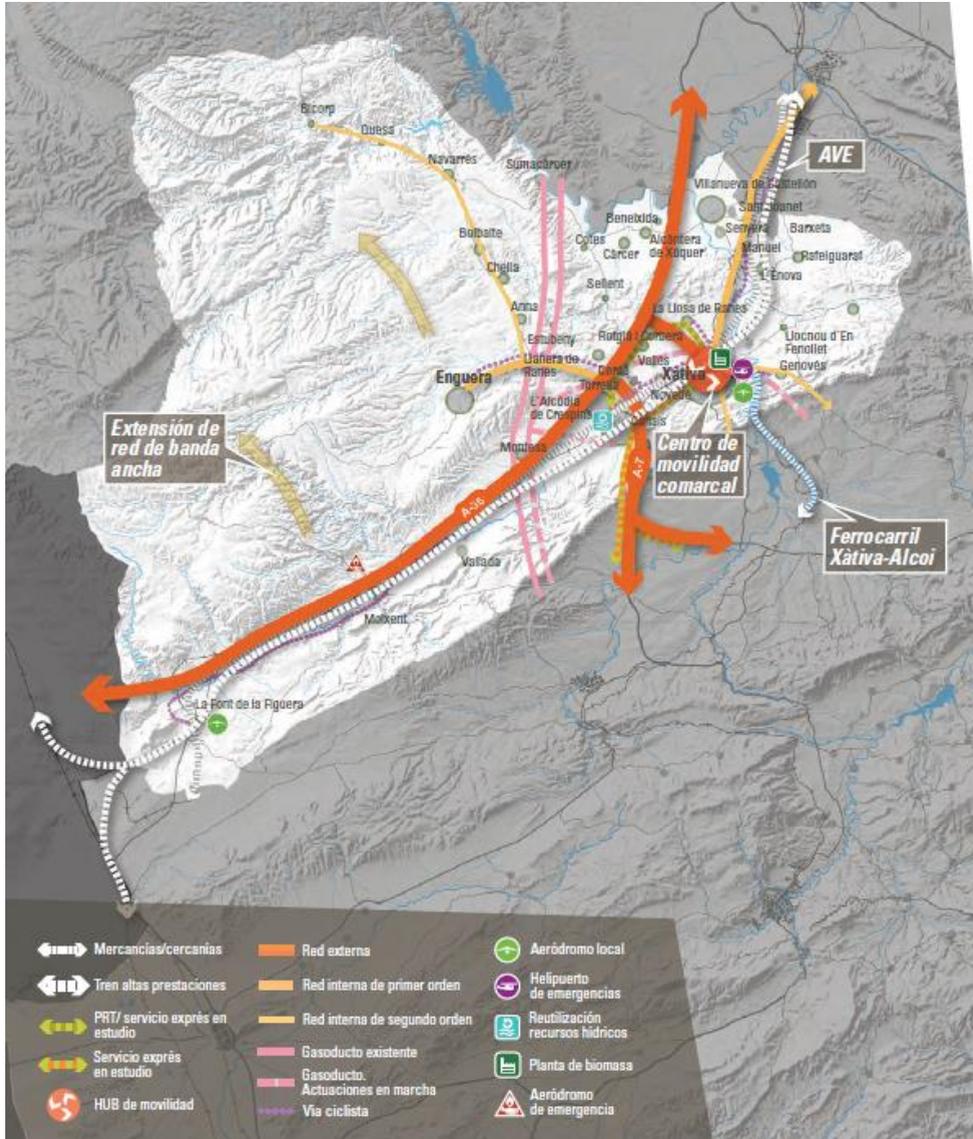


Fig. 24. Propuestas de la ETCV para el AF de Xàtiva (1)

A su vez, el apartado B, que denomina Actuaciones o fórmulas innovadoras pertenecen a tres grupos: la actividad turística (asociación litoral-interior), las basadas en los sectores industriales y las basadas en los servicios, según la siguiente relación:

- Ejes turísticos complementarios litoral-interior
- Asociación turística golf-cultura-gastronomía
- Confluencia de las rutas del Cid, Jaume I, Vía Augusta y Ruta dels Monestirs (Alzira - Aigües Vives - Simat de la Vallidigna – Alfauir – Llutxent - Xàtiva)
- Centro de interpretación de los Borja y otros personajes y hechos históricos
- Xàtiva, Patrimonio de la Humanidad
- Turismo de espacios naturales
- Tren turístico Valencia-Xàtiva-Alcoi
- Bus turístico Xàtiva-Enguera-Bicorp
- Territorios museo
- Enoturismo
- Clúster del textil y la indumentaria
- Plataforma intermodal de transporte de La Costera
- Parque logístico de La Costera
- Centro de incubación de empresas en Xàtiva
- Casco histórico digital en Xàtiva
- Clúster de las nuevas tecnologías turísticas
- Centro de desarrollo turístico (especialización interior)
- Centro de estudios de las religiones
- Sedes universitarias (UIMP)
- Centro de estudios Comunitat Valenciana
- Clúster de cocina creativa.

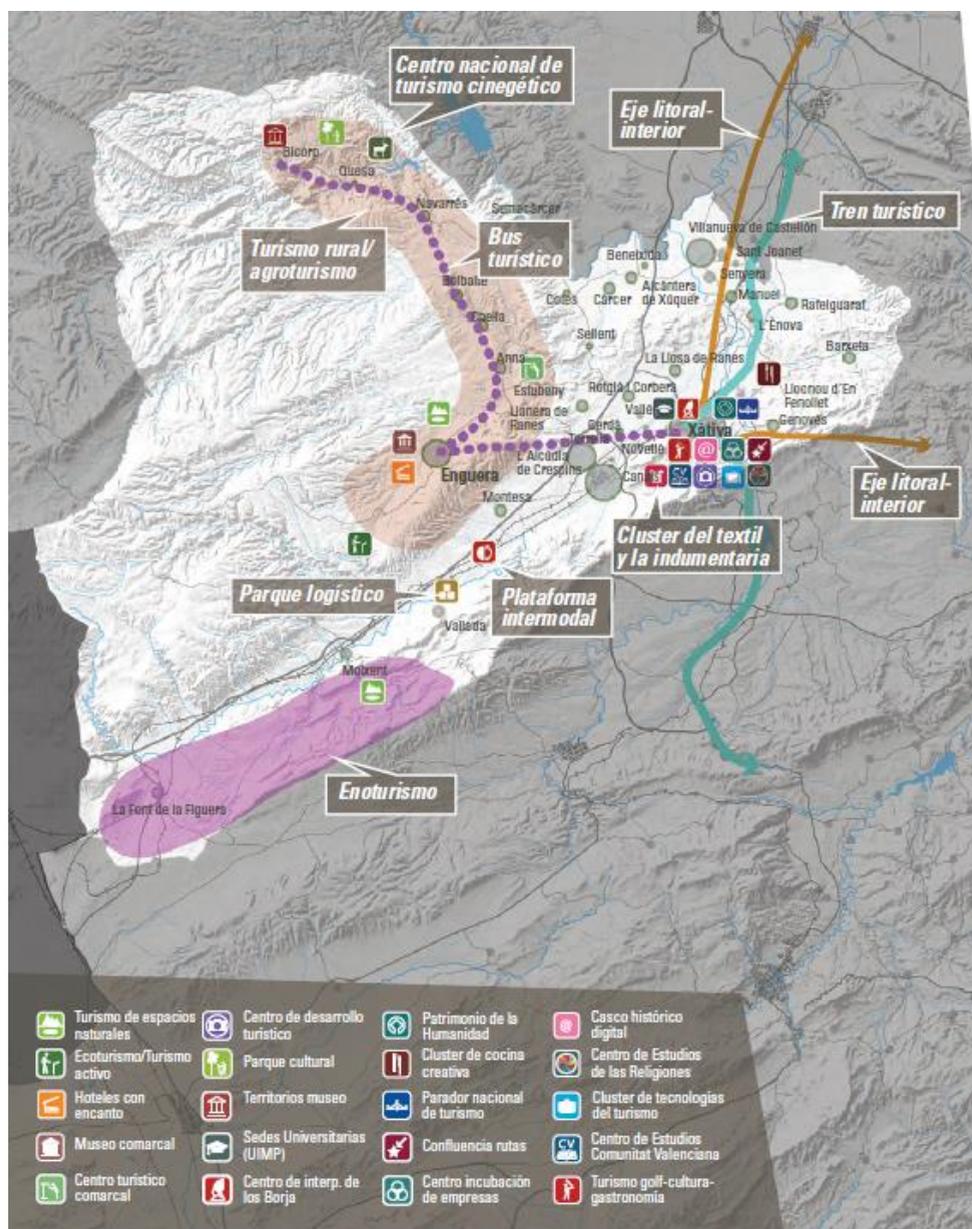


Fig. 25. Propuestas de la ETCV para el AF de Xàtiva (2)

2.5. La decisión objetiva en la selección

La toma de decisiones en la selección de una infraestructura requiere la existencia de un decisor que, por el carácter de utilidad pública o comunitaria del objeto, corresponde a la autoridad política del ámbito. El ente decisor –la autoridad política, el gobierno- debe hacer frente tanto a lo racional como a lo intuitivo para seleccionar un proyecto. Pero, aunque dicho ente decisor disponga o pueda contar con la voluntad de objetividad y con los conocimientos y el asesoramiento adecuado e imparcial, en muchas ocasiones se percibe que determinadas actuaciones (en nuestro caso, la selección de una propuesta) no responden a razones suficientemente fundadas, es decir, objetivas y de verdadera utilidad al fin que se les supone.

La percepción de parcialidad en las actuaciones se ve confirmada por trabajos como los de Castells & Solé-Ollé (2005), que han analizado la toma de decisiones sobre la localización de infraestructuras para llegar a la conclusión de que los gobiernos invierten más en infraestructura en las regiones donde la productividad electoral es mayor, independientemente de criterios como la equidad o la eficiencia.

Por otra parte, se ha demostrado que los ayuntamientos gobernados por un partido político determinado (Solé-Ollé & Sorribas-Navarro. 2007), reciben más subvenciones si el gobierno que las concede pertenece al mismo partido político.

Esta constatación de parcialidad es contraria al planteamiento de la selección óptima en un determinado ámbito, que debe ser tan objetiva como sea posible, libre de condicionantes ajenos a la eficiencia de la inversión y a la sostenibilidad. Se requiere, pues, un método de decisión que asegure tales principios.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Seleccionar la infraestructura óptima con el objetivo de impulsar el desarrollo económico sostenible de una región es un problema altamente complejo y sinérgico, en el que intervienen numerosos y diversos factores. La presente Tesis muestra que el problema puede abordarse con éxito aplicando un sistema experto de decisión multicriterio.

La optimización multicriterio es un proceso estructurado para determinar la mejor solución factible de acuerdo con criterios establecidos (que representan distintas condiciones y efectos). Los problemas prácticos que presenta la realidad se caracterizan generalmente por varios criterios no conmensurables y en conflicto, de modo que, al no existir una solución que satisfaga todos los criterios simultáneamente, resulta muy útil hallar la solución que optimice tales requisitos, de acuerdo con la importancia de cada uno de ellos.

En primer lugar, una vez definido el problema u objetivo a alcanzar, la selección exige la existencia de opciones o alternativas. Por tanto, debe formarse un listado de alternativas entre las que elegir, teniendo en cuenta que la preselección o formación de un listado de alternativas o infraestructuras candidatas a la selección debe considerar, como se ha citado, las características particulares de la región concreta, como la realidad económica, la geografía, infraestructuras existentes, paisaje, aspectos sociales, potencial de desarrollo, etc., lo cual exige a su vez la identificación, selección o delimitación previa de dicha región. Lo contrario sólo podría desembocar en un planteamiento generalista extremo, puramente teórico, que abarcase todas las posibilidades, o en el riesgo de incoherencias. Y, además, en la preselección deben tenerse con consideración las condiciones existentes en las regiones vecinas,

sea para obtener refuerzo y provecho mutuo, sea para evitar duplicidades negativas.

En segundo lugar, la selección debe realizarse objetivamente atendiendo a determinados criterios, que asimismo deben concretarse. Pero si el objetivo es impulsar el desarrollo económico sostenible, y los tres pilares de la sostenibilidad – como afirma Xiang (2011) – son la economía, el medio ambiente y la equidad social, los tres aspectos han de ser tenidos en cuenta en el modelo, y de ellos surgirá la definición de los criterios de evaluación de las alternativas.



Fig. 26. Las tres patas de la sostenibilidad (Xiang).

Los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM) se han aplicado para estudiar la mejor ubicación de una infraestructura o actividad

(Zolfani et al. 2013), o para seleccionar la mejor estrategia para la gestión empresarial (Zavadskas et al. 2011).

Entre ellos, el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) desarrollado por Saaty (1980) se ha utilizado para estudiar cuestiones como la inversión en infraestructura de transporte (Mishra et al. 2013), la selección de la infraestructura energética (Tsoutsos et al. 2009), plantas de energía eólica (Cavallaro & Ciraolo. 2005), planeamiento de energía sostenible (Pisani & Villacci. 2011), la planificación de la infraestructura urbana (Canto-Perello et al. 2013; Curiel-Esparza & Canto-Perello. 2013), selección de emplazamientos de parques solares (Uyan. 2013), la evaluación de alternativas para la preservación de edificios históricos (Kutut et al. 2014), y para estudiar el crecimiento urbano (Vaz et al. 2012) y la evaluación de la idoneidad del uso del suelo (Cengiz & Akbulak. 2009).

A su vez, la técnica VIKOR introducido por Opricovic (1979) se ha aplicado para el problema de la selección de parámetros de rotor (Fallahpour & Mohghassem. 2012) o la satisfacción de análisis en el servicio móvil (Kang & Park. 2014).

Por otra parte, la metodología integrada que combina AHP y VIKOR se ha utilizado para la selección de la ubicación en la planificación de la energía renovable (Kaya. 2010) o la selección de ubicación de una planta (Tavakkoli-Moghaddam et al. 2011).

A diferencia de trabajos de investigación anteriores, el objetivo de esta tesis no es la selección de la ubicación óptima para una infraestructura determinada, sino la selección de la infraestructura óptima para el desarrollo de una región determinada.

El sistema experto propuesto en la presente Tesis es un método híbrido que combina el método Delphi con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y con la técnica VIKOR. Así, se empleará la técnica Delphi para obtener información en la consulta a un panel de expertos; el método AHP permite obtener la valoración o peso de los criterios y la selección de la mejor alternativa de acuerdo con dichos criterios; la integración del modelo AHP con un proceso Delphi proporciona al tomador de decisiones un enfoque sistemático para evaluar con criterios y problemas múltiples diferentes alternativas que requieren juicios que involucran características intangibles (Canto-Perello et al. 2013). Mientras que el método VIKOR clasificará las alternativas optimizando la selección entre las opiniones de los expertos, y contrastando la selección con AHP.

Finalmente, efectuaremos dos análisis:

1. De sensibilidad, en el AHP, mediante la variación de los pesos calculados para los criterios, verificando si con ello se produce un cambio en la identidad de la infraestructura inicialmente seleccionada, y analizando cuál es el riesgo de que ello ocurra, midiendo la separación entre la infraestructura seleccionada y la siguiente mejor valorada que resulta de dicha variación de los pesos.
2. En VIKOR estudiaremos la variación del parámetro de máxima utilidad de grupo, que permite analizar estrategias de veto o de consenso, para verificar la estabilidad de la selección, es decir, de la infraestructura mejor valorada, y también de la separación entre ésta y la siguiente en la clasificación de valoraciones, es decir, la ventaja de la selección.

4.1.- Método Delphi

El método Delphi, que toma su nombre por referencia al antiguo oráculo de Delphos, fue desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica con fines militares a principios de los años 50 por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, de la Rand Corporation, como instrumento de predicción sobre la hipótesis de la guerra nuclear. A partir de la divulgación del método a principios de los años 60, después de transcurridos diez años desde su aplicación por razones de seguridad al ser documentación clasificada (Dalkey & Helmer. 1963), la técnica Delphi ha sido reconocida y ampliamente utilizada en la toma de decisiones en múltiples campos de aplicación y en ámbitos empresariales y académicos. En los años más recientes y en la actualidad continúa siendo una herramienta válida como apoyo en los procesos de toma de decisiones (Landeta. 2006). Especialmente importante en la extensión del método a una mayor audiencia fue la publicación en 1975 del libro de Linstone y Turoff (Rowe & Wright. 2011)

Siguiendo a dichos autores, el método Delphi es una técnica de investigación social, cuyo objeto es obtener una opinión fiable de un grupo de expertos con el fin de resolver un problema del que se carece de información precisa, mediante la estructuración de la comunicación entre los miembros del grupo y la integración de sus aportaciones (Linstone & Turoff. 1975).

Se trata de realizar predicciones sobre acontecimientos futuros con una base metodológica rigurosa, mediante consultas a expertos a

través de una serie de cuestionarios, buscando el consenso a través de la retroalimentación de las opiniones manifestadas.

La condición de experto exige que los seleccionados integrantes del panel sean personas con elevado conocimiento del tema objeto de consulta, de los cuales se esperan estimaciones internamente consistentes o, en caso de ser advertidas de inconsistencia, manifiesten actitud positiva para su corrección, a falta de evidencias manifiestas, sus apreciaciones personales se mantienen estables (Helmer & Rescher.1959).

La aplicación del método Dephi consiste en la realización de una serie de preguntas a un panel de expertos, generalmente mediante cuestionarios, en fases sucesivas de tal modo que se evita la confrontación directa de esos expertos entre sí. Las preguntas, relativas al problema u objetivo que se trata de resolver o alcanzar, se redactan tratando de averiguar:

- el razonamiento que realiza cada experto para responder a las preguntas
- los factores que considera relevantes para la solución del problema
- la estimación o importancia que el experto concede a dichos factores
- el tipo de datos que el experto considera que le permitiría una mejor valoración de estos factores y, por lo tanto, a respuestas más seguras.

Entre una ronda de cuestionarios y la siguiente puede aportarse información a los expertos, sean datos que alguno de ellos pueda solicitar, sean factores o consideraciones sugeridas como potencialmente relevantes. Se hace necesario ocultar la opinión real

y la identidad de los encuestados cuando se pone en común con otros expertos, para no crear influencias sobre la imparcialidad del experto al expresar sus opiniones. La confrontación directa induce la formulación apresurada de ideas preconcebidas, una inclinación a cerrar la mente a nuevas ideas, una tendencia a defender una postura, una vez tomada, o bien, una predisposición a ser influido por las opiniones persuasivamente declaradas de los demás, o por razones de prestigio.

La exploración sistemática de los factores considerados por los expertos en sus juicios permite la corrección de textos de redacción equívoca, elipsis de datos, factores o supuestos, etc., y detectar la necesidad de destacar alguno de ellos, no suficientemente explicitados. Se precisa tacto y discreción en los cuestionarios, entrevistas, información, etc., facilitados a los expertos con la intención de que modifique su opinión, para asegurar que las respuestas están libres de influencias que puedan sesgar las respuestas más realmente personales.

Al avanzar el proceso, y por razón de la retroalimentación de opiniones que conservan su anonimato, conforme se profundiza en el problema los juicios avanzan en su convergencia.

Así pues, las principales características definitorias del método Delphi, son (Landeta & Barrutia. 2011):

- 1) Proceso iterativo.

Los expertos que toman parte en un proceso Delphi deben emitir su opinión en más de una ocasión. Esta forma de proceder ofrece al experto la posibilidad de reflexionar y, en su caso, reconsiderar su postura, debido a la aparición

de nuevos planteamientos propios o ajenos (la dispersión de las respuestas se estabiliza).

2) Anonimato.

Las respuestas se dirigen al coordinador del grupo y ningún experto debe conocer las respuestas del resto de participantes. Así se evita la influencia de factores asociados con la personalidad o estatus de los expertos.

3) Retroalimentación (feedback) controlada.

El intercambio de información entre los expertos no es libre, pero se produce a través del coordinador del estudio. Diversos experimentos han demostrado que los resultados del grupo son superiores a los individuales, gracias fundamentalmente a la interacción que en ellos se da. El Delphi mantiene y promueve esa interacción, solicitándola en cada ronda y facilitándola antes de la iniciación de la siguiente. Antes del comienzo de cada ronda los expertos conocen los resultados alcanzados en la precedente.

4) Respuesta estadística de grupo.

Aunque se promueva el consenso, éste no es el objetivo último y no tiene porqué alcanzarse necesariamente. Puede realizarse un tratamiento cuantitativo o estadístico de las respuestas obtenidas.

No se ha podido demostrar que exista un número óptimo de expertos participantes en la encuesta Delphi, pero los estudios empíricos realizados por investigadores de la Rand Corporation señalan que la precisión aumenta notablemente por cada experto

añadido hasta llegar a los siete (Dalkey et al. 1969); por otra parte, no es aconsejable la participación de más de 30 expertos pues la mejora en la previsión es muy pequeña y normalmente el incremento en coste y trabajo de investigación no compensa la mejora. En consecuencia, el número de expertos participantes en la consulta debe estar comprendido entre 7 y 30.

Por otra parte, a la vista de lo expuesto, se hace necesario establecer la condición que permite reconocer que se alcanzado el consenso.

4.2.- Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El AHP (Analytic Hierarchy Process) o Proceso Analítico Jerárquico es un método de decisión multicriterio especialmente útil en los problemas de selección de la mejor alternativa entre varias posibles (Saaty. 1980), al establecer razonadamente las prioridades o valoraciones relativas. Permite traducir la valoración de la realidad percibida por el individuo, expresada verbalmente, a una escala de razón o numérica en la que se reflejan las prioridades relativas de los elementos considerados Fue propuesto y desarrollado en los años 70 por Thomas L. Saaty con el fin de resolver la cuestión de la reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la URSS.

El AHP utiliza una estructura jerárquica gráfica que permite visualizar las alternativas, los criterios de selección y las relaciones entre ellos y el objetivo, con el fin de facilitar las comparaciones. El

nivel inferior de la jerarquía está formado por las distintas alternativas consideradas adecuadas para alcanzar el objetivo y que deben ser preseleccionadas entre las propuestas de los expertos y los ciudadanos y grupos representativos. Saaty (1980) propone una lluvia de ideas para identificar los elementos más importantes que formarán la estructura jerárquica, que se presentará en grupos homogéneos compuestos por cinco a nueve elementos. Otros investigadores han demostrado la utilidad de incrementar el acuerdo entre las partes interesadas y los expertos en el proceso de toma de decisiones (Chow & Sadler. 2010; Arciniegas & Janssen. 2012). Además de la modelización jerárquica y del uso de comparaciones pareadas para incorporar las preferencias, hay dos características que la diferencian de otras técnicas multicriterio como son la posibilidad de trabajar con aspectos intangibles y la de evaluar la consistencia de los juicios emitidos por el decisor.

El método AHP es una técnica o herramienta que permite tomar decisiones eficaces en problemas complejos, pues descompone una situación no estructurada y compleja en sus partes, de forma que éstas pueden ser ordenadas en un orden jerárquico, asignando valores numéricos a juicios subjetivos en la comparación entre las variables. Con ello podemos determinar la prioridad de las variables, y deducir la mejor decisión.

Decidir cuál es la solución a un problema complejo, o cuál es la mejor alternativa para alcanzar un objetivo, exige considerar una serie de criterios adecuados al caso. La selección es siempre un compromiso basado en el peso relativo asignado a los criterios individuales (Statnikov et al. 2005). Las personas tenemos la capacidad de percibir y analizar, de modo que podemos descubrir la estructura, las partes de una realidad compleja y sus relaciones,

estableciendo una jerarquía. Nuestra mente analiza mejor la realidad descompuesta en sus elementos que a través de partes mayores y más complejas.

En AHP tratamos de cuantificar las prioridades relativas para un determinado conjunto de alternativas usando una escala de razón, basada en la opinión de cada experto, o en la persona que toma las decisiones, haciendo hincapié en la importancia de los juicios intuitivos hechos en un proceso de toma de decisiones y la coherencia de respuestas en la comparación de alternativas (Saaty. 2001). La fuerza de este enfoque es que organiza los factores tangibles e intangibles de una manera sistemática, y proporciona una solución estructurada pero relativamente simple a los problemas de toma de decisiones (Curiel-Esparza & Canto-Perello. 2013). A través de este proceso, un problema considerable se descompone en varios pares de cuestiones simples, avanzando arriba a abajo en pasos graduales, hasta llegar a asignar prioridades a todas las soluciones propuestas al problema (Al-Harbi. 2001).

El método también estructura eficazmente el proceso de toma de decisiones en grupo, ya que establece una disciplina de funcionamiento del mismo, porque exige de cada integrante del mismo la necesidad de la asignación de un valor numérico a cada variable que interviene en el problema. Esto obliga al grupo a ser consistente en su forma de pensar y en sus conclusiones, lo que redundará en juicios más congruentes, mejorando la confianza en el método AHP como herramienta para la toma de decisiones. Saaty afirma que los seres humanos a menudo no somos criaturas lógicas. La mayor parte del tiempo basamos nuestros juicios en

impresiones confusas de la realidad y luego usamos la lógica para defender nuestras conclusiones.

Para formar la estructura jerárquica, el objetivo a alcanzar se descompone en niveles (ver Figura 27), que pueden ser estudiados de forma independiente. Los elementos que aparecen en cada uno de esos niveles deben ser homogéneos, ya que los expertos han de hacer comparaciones entre pares en cada uno de los niveles considerados. La evaluación entre pares puede hacerse mediante datos concretos de los ítems considerados, si se dispone de ellos, o mediante opiniones subjetivas de los expertos que intervienen (Saaty. 2008). Para superar la falta de datos concretos y la presencia de factores intangibles en la evaluación de infraestructuras, aplicaremos un modelo híbrido AHP-Delphi.

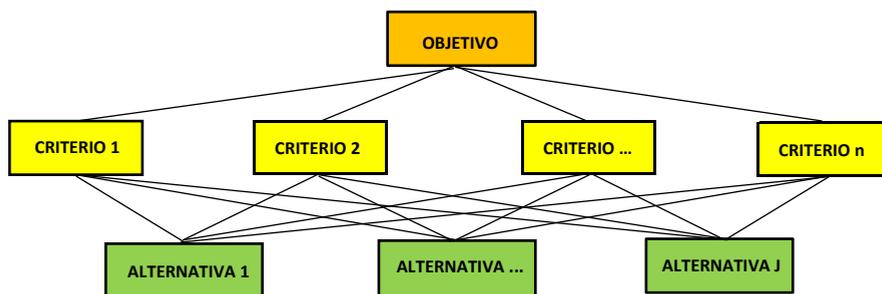


Fig. 27. Modelo de estructura jerárquica (árbol)

Para la comparación por pares en cada nivel se emplea principalmente la escala de importancia relativa de Saaty (Saaty. 2012) siguiente:

Tabla 3. Escala fundamental de Saaty de comparación por pares (Saaty. 2012).

Intensidad de la Importancia	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Las dos actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Importancia Moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre otra
5	Fuerte Importancia	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
7	Importancia muy fuerte o demostrada	Una actividad se ve favorecida con mucha fuerza sobre la otra. Su dominio se demuestra en la práctica
9	Extrema importancia	La evidencia a favor de una actividad sobre otra es del mayor orden posible
2,4,6,8	Para interpolar entre los valores anteriores	A veces es necesario interponer numéricamente un juicio de transacción, puesto que no hay una palabra apropiada para describirlo
Recíprocos de los anteriores	Si a la actividad i se le ha asignado una cifra cuando se compara con la actividad j , entonces j tiene el valor recíproco cuando se la compara con i	Una comparación que surge de la elección del elemento más pequeño como unidad, para estimar el mayor como múltiplo de esa unidad

La tabla permite traducir la estimación individual y subjetiva descrita verbalmente, que refleja la comparación entre conceptos que pueden ser intangibles, a valores numéricos, que pueden ser objeto de comparación cuantificada y ser tratada matemáticamente.

Saaty propone los valores impares como referencia principal en la comparación, con lo que se crea un mayor salto en la estimación de

la importancia relativa; y reserva los valores pares para los casos en que el experto requiera necesariamente esta posición intermedia entre la descripción de las estimaciones; también, para una fase de iteración en busca de mayor consenso. No obstante, Vargas introduce directamente la serie completa (tabla 4), describiendo los estadios correspondientes:

Tabla 4. Escala para comparaciones por parejas (Vargas, 1990).

Escala	Calificación numérica	Recíproco
Muy recomendado	9	1/9
De muy fuerte a extremadamente	8	1/8
Muy fuertemente preferido	7	1/7
De fuertemente a muy fuertemente	6	1/6
Fuertemente preferido	5	1/5
De moderadamente a fuertemente	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
De igualmente a moderadamente	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Para el tratamiento numérico de las estimaciones comparativas por pares, escribimos una matriz de comparación. La matriz de comparación es una matriz cuadrada cuyos elementos representan la importancia relativa que atribuye el panel de expertos a los elementos comparados, cuya diagonal principal está formada naturalmente por valores unidad (1), pues representa la comparación de un elemento (criterio o alternativa) consigo mismo

o, según la escala de Saaty, significa que los dos elementos contribuyen de igual forma al objetivo. Si comparamos los criterios:

Tabla 5. Comparación de criterios consigo mismos

	C1	C2	...	Cn
C1	1	...	...	...
C2	...	1	...	...
...	...	...	1	...
Cn	...	...	...	1

Y, en su forma matricial:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

El resto de comparaciones entre cada par de elementos i, j , dan lugar a los juicios $J_{i,j}$

Tabla 6. Juicios en la comparación de criterios por pares

	C1	C2	...	Cn
C1	1	J_{12}	...	...
C2	...	1	...	...
...	...	...	1	...
Cn	...	...	...	1

Se establecen todas las comparaciones de la cada completa a partir del valor 1 de la diagonal, pues los elementos simétricos son, naturalmente, recíprocos o inversos, pues si un criterio es 2 veces preferible que otro, la preferencia se éste será la mitad que la de aquél

Tabla 7. Fila de juicios a partir de la diagonal

	C1	C2	...	Cn
C1	1	J ₁₂	...	J _{1n}
C2	...	1	...	J _{2n}
...	...	...	1	...
Cn	...	...	...	1

Elementos simétricos, inversos:

$$\forall i, j \rightarrow J_{ij} = \frac{1}{J_{ji}} \tag{2}$$

Tabla 8. Los elementos simétricos son inversos

	C1	C2	...	Cn
C1	1	5	...	...
C2	1/5	1	...	...
...	...	...	1	...
Cn	...	...	...	1

En resumen, el primer elemento (J₁₁) de la matriz cuadrada compara un criterio consigo mismo, y por tanto se asigna el valor 1. Esto mismo sucede con toda la diagonal principal. A partir de dicha diagonal, en los componentes siguientes de la fila colocamos el valor numérico indicado en el cuestionario si pertenece a la mitad derecha de la Tabla 1; mientras que si pertenece a la mitad

izquierda, se coloca su valor recíproco. Todos los valores del cuestionario se transfieren a la fila de la matriz correspondiente a partir del valor 1 de la diagonal, y en las posiciones simétricas se colocan sus inversos.

Las preferencias de los expertos o juicios expresados en los cuestionarios son múltiples opiniones individuales, no unánimes en general, que se deben sintetizar en una sola que las represente a todas de manera fiable. Hay varias formas posibles de agrupar esta información, aunque el método de agregación no influye directamente en el resultado (Wu et al. 2008). Saaty propone la agregación de los juicios individuales y el empleo de la media geométrica de los valores numéricos (Saaty. 2012), y dicho modo de agregación de los juicios individuales (a_{ij}) para cada conjunto de comparaciones por pares es el método que utilizaremos en este trabajo, ya que los individuos deben renunciar a sus propias preferencias para alcanzar el objetivo. Para las a_{ij} (Forman & Peniwati. 1998; Dong et al. 2010) debe utilizarse la media geométrica:

$$a_{ij} = \prod_{k=1}^m (a_{ij}^{(k)})^{1/k} \quad (3)$$

El método establece en primer lugar los pesos o importancia de los criterios, empleando los conceptos de valor propio o autovalor y vector propio o autovector.

En hipótesis de consistencia perfecta, puesto que la matriz A de juicios refleja las preferencias en la comparación de los pesos de los criterios, cada juicio puede escribirse como la relación de pesos

$$J_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (4)$$

La matriz así formada es consistente, pues

$$J_{ik} \cdot J_{kj} = \frac{w_i}{w_k} \cdot \frac{w_k}{w_j} = \frac{w_i}{w_j} = J_{ij} \quad (5)$$

Y la matriz de juicios será la matriz recíproca siguiente:

$$A = \begin{Bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{Bmatrix} \quad (6)$$

El vector de pesos, \vec{w} , se obtiene resolviendo la ecuación

$$[A] \cdot \vec{w} = \lambda \cdot \vec{w} \quad (7)$$

donde λ es un valor propio y \vec{w} el vector propio asociado.

En la matriz A se aprecia que cada fila i es igual a la primera multiplicada por w_i/w_1 : en consecuencia, el rango de la matriz es 1, por lo que tendrá un único valor propio distinto de cero. Y, puesto que la suma de los valores propios de una matriz es igual a la suma de los elementos de la diagonal principal, tenemos que el valor propio es igual a la dimensión de la matriz:

$$\lambda = n \quad (8)$$

Por otra parte, la suma de los elementos de la columna j es

$$\frac{1}{w_j} \sum_{i=1}^n w_i = \frac{1}{w_j} \quad (9)$$

Por lo que, si normalizamos la matriz sumando las columnas, en cada una de ellas obtendremos el vector w , y el promedio de la fila i será igual a w_i .

Ahora bien: la hipótesis de consistencia perfecta no se cumple en la mayor parte de los casos, pues los pesos relativos son los atribuidos por estimación de los expertos consultados; así, las valoraciones o comparaciones por pares deberían cumplir la transitividad, de modo que si un criterio es preferido sobre otro 2 veces, y éste lo es 3 veces en relación a un tercero, el primero debería ser 6 veces preferido sobre el tercero; pero la estimación reflejada en los cuestionarios por los expertos no siempre es tan coherente, porque la mente humana valora y decide según complejas reglas subjetivas. En consecuencia, la matriz de criterios formada por los juicios de los expertos puede considerarse una perturbación de la matriz ideal o de consistencia perfecta, y por ello puede tener más de un valor propio distinto de cero. El máximo de ellos (λ_{\max}) vendrá asociado a un vector propio, el cual es considerado una aproximación suficiente del vector de pesos o prioridades, w . Podemos obtener su valor mediante el procedimiento de las potencias de las matrices.

Por todo lo expuesto, Saaty propone el siguiente procedimiento:

1. Normalización de la matriz A , dividiendo cada elemento de la columna j por la suma de todos los elementos de dicha columna

$$a_{ij} \text{ norm} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (10)$$

2. Obtención del peso de cada criterio como promedio de la fila de la matriz normalizada:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \text{ norm} \quad (11)$$

El vector de pesos de los criterios será

$$\vec{w} = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (12)$$

3. Comprobar la consistencia de los juicios

Para ello se obtiene el valor λ_{\max} a partir de la ecuación

$$[A] \cdot \vec{w} = \lambda_{\max} \cdot \vec{w} \quad (13)$$

La consistencia se mide a través del Índice de Consistencia CI (Consistency Index), cuya expresión es:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (14)$$

Siendo λ_{\max} el valor propio y n el orden de la matriz, es decir, el número de criterios. Recordemos que en consistencia perfecta, $\lambda = n$, por lo que la expresión del numerador

$$(\lambda_{\max} - n) \quad (15)$$

es una cuantificación de la separación entre el autovalor obtenido y el autovalor ideal o correspondiente a la consistencia.

Así, en la expresión (14), si la matriz de comparaciones fuese totalmente consistente, sería $\lambda_{\max} = n$, por lo que para $n > 1$ sería $CI = 0$.

Saaty define entonces el Índice de Consistencia Aleatorio RCI, (Random Consistency Index) como el índice de consistencia aleatorio medio obtenido mediante la simulación de 100.000 matrices recíprocas generadas aleatoriamente utilizando la escala de Saaty, y que es función de n, según la tabla siguiente:

Tabla 9. Índice de consistencia aleatorio RCI (Saaty. 2012).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RCI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1.51	1.54

El Índice de Consistencia CI se compara entonces con el Índice de Consistencia Aleatorio RCI, y a dicha relación CI/RCI se la denomina Ratio de Consistencia CR (Consistency Ratio):

$$CR = \frac{CI}{RCI} \quad (16)$$

cuyo valor nos dice lo siguiente:

- $CR = 0,00 \rightarrow$ la matriz es consistente
- $CR \leq 0,10 \rightarrow$ la consistencia puede ser suficiente, según el valor de n
- $CR > 0,10 \rightarrow$ la matriz es inconsistente, y se deben revisar los juicios

Es decir, según Saaty, el máximo valor de CI para considerar consistencia de juicios en una matriz de comparación es el 10 por 100 del valor aleatorio correspondiente, RCI.

Y la relación que permite considerar consistentes las respuestas según el valor de n se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. Valores máximos de CR según n

n	Máximo CR
3	5 %
4	9 %
5 o más	10 %

4. Cálculo de las prioridades locales de las alternativas

Para cada criterio se forma la matriz de juicios por comparación de preferencias de cada par de alternativas en relación con dicho criterio. Se halla la consistencia, y los vectores de prioridad local de las alternativas correspondientes a cada criterio, conforme a los pasos anteriores.

5. Cálculo de las prioridades totales o globales de cada alternativa

Se forma la matriz de prioridades de cada alternativa respecto de cada criterio (dimensiones igual al número de alternativas por el número de criterio), y se multiplica por el vector de prioridades o pesos de criterios respecto del objetivo global, y se obtiene el vector prioridades de cada alternativa respecto del objetivo.

6. Análisis de sensibilidad.

Finalmente, se realiza un análisis de sensibilidad para confirmar la estabilidad y robustez de los resultados, a través de una variación del peso de los criterios.

En resumen, los pasos básicos del proceso se pueden condensar en el siguiente esquema:

1. Definición del problema, especificando el objetivo a alcanzar
2. Estructuración de la jerarquía, incluyendo todos los criterios (y subcriterios, si los hubiera) y las alternativas.
3. Construcción de una matriz de comparaciones por pares de cada nivel, cuyos elementos o juicios son los pesos o valoraciones relativos a cada elemento del nivel superior.
4. Input de datos o juicios y cálculo de las prioridades, con la comprobación del nivel de la consistencia de cada matriz, para todos los niveles y elementos.
5. Síntesis de las prioridades de las alternativas, afectadas o ponderadas con los pesos de los criterios, obteniendo el vector global de prioridades.

Los cálculos matriciales implícitos en el método adquieren complicación conforme el problema es más complejo.

En las figuras siguientes se muestra el esquema del método híbrido Delphi-AHP.

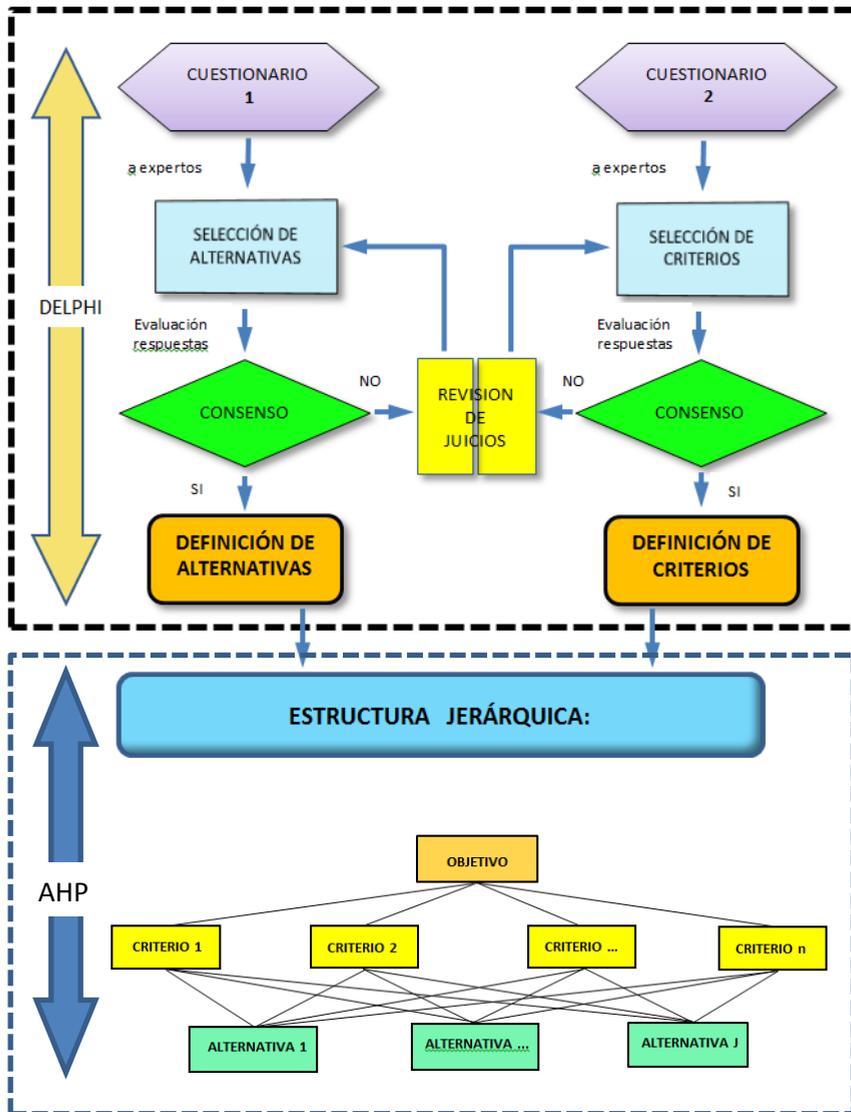


Fig.28. Metodología propuesta. Fase 1

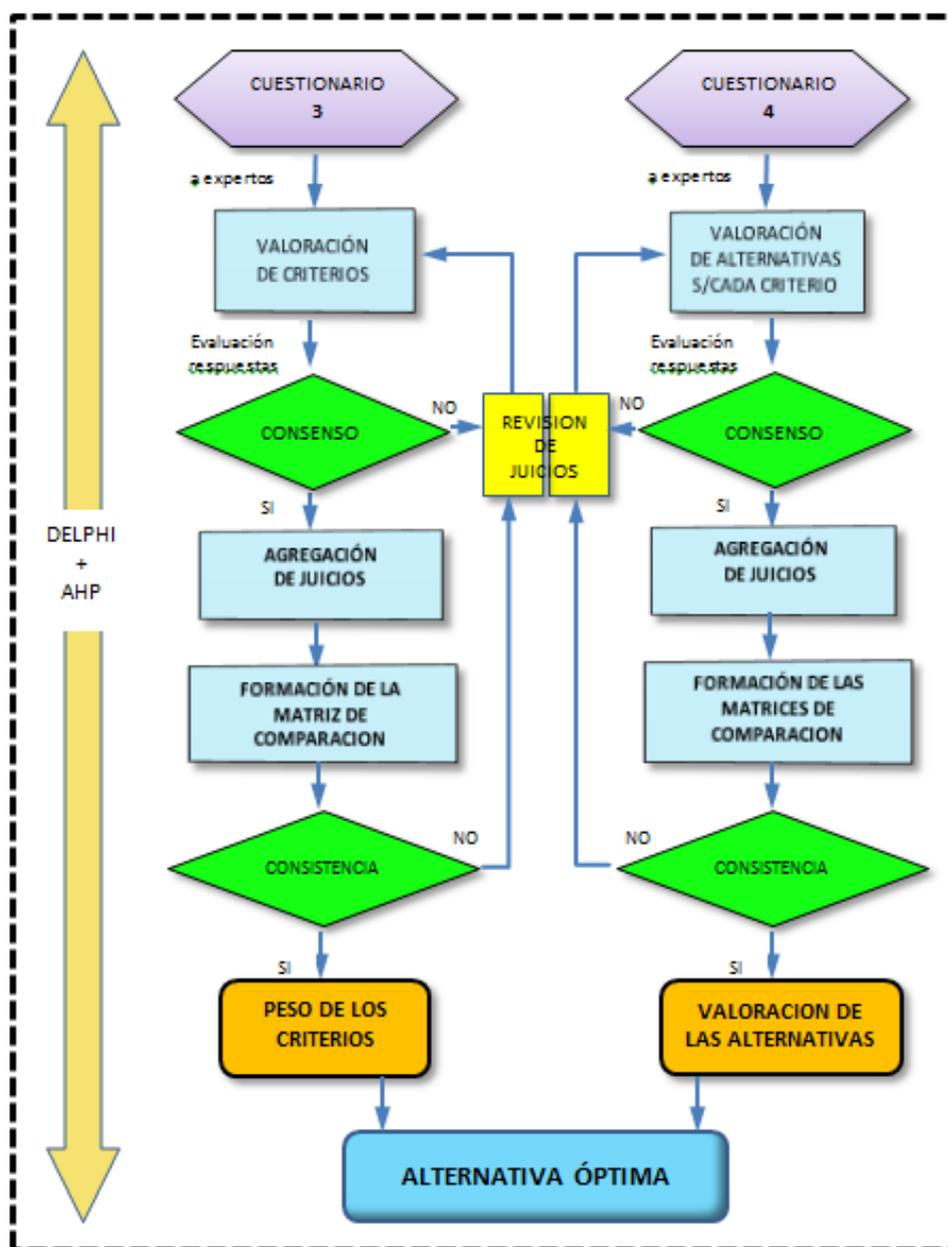


Fig. 29. Metodología propuesta. Fase 2

4.3.- Método VIKOR

El método VIKOR es eficiente para clasificar las infraestructuras (Tavakkoli-Moghaddam & Mousave 2011), y en esta tesis sus resultados complementan y contrastan el análisis AHP. Empleado en análisis de decisión multicriterio, su propósito es resolver problemas de decisión con factores no conmensurables y en conflicto (Chiu et al. 2013), con tres supuestos asumidos:

- Que para la resolución del conflicto es aceptable el compromiso, el cual, a través de concesiones mutuas proporciona la máxima utilidad a la mayoría del grupo y la mínima pena individual (Liou et al. 2011).
- Que el decisor prefiere la proximidad a la solución ideal.
- Que las infraestructuras son evaluadas de acuerdo con todos los criterios.

El concepto de solución de compromiso fue introducida en los Métodos Multicriterio en 1973 por Po-Lung Yu (Yu. 1973), y Milan Zeleny (Zeleny. 1973).

El VIKOR parte de la función métrica (Opicovic & Tzeng. 2007) o función distancia siguiente:

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n \left[w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^v} \right]^p \right\}^{1/p} \quad (17)$$

$$1 \leq p \leq \infty; \quad j = 1, 2, \dots, J$$

basada en:

- la evaluación de las alternativas para cada criterio (funciones criterio, f_{ij}).
- los pesos de cada criterio, w_i

y determinando la solución de compromiso entre el conjunto de infraestructuras viables evaluadas de acuerdo con el conjunto de criterios.

En el método VIKOR, los valores de la función métrica para $p=1$, $L_{1,i}$ (que se representa como S_j) y para $p=\infty$, $L_{\infty,j}$ (que se identifica como R_j) se emplean para clasificar valores o medidas (Fallahpour. 2012) (Opricovic & Tzeng. 2007). La solución de compromiso (F_c) se representa gráfica e intuitivamente en la figura siguiente

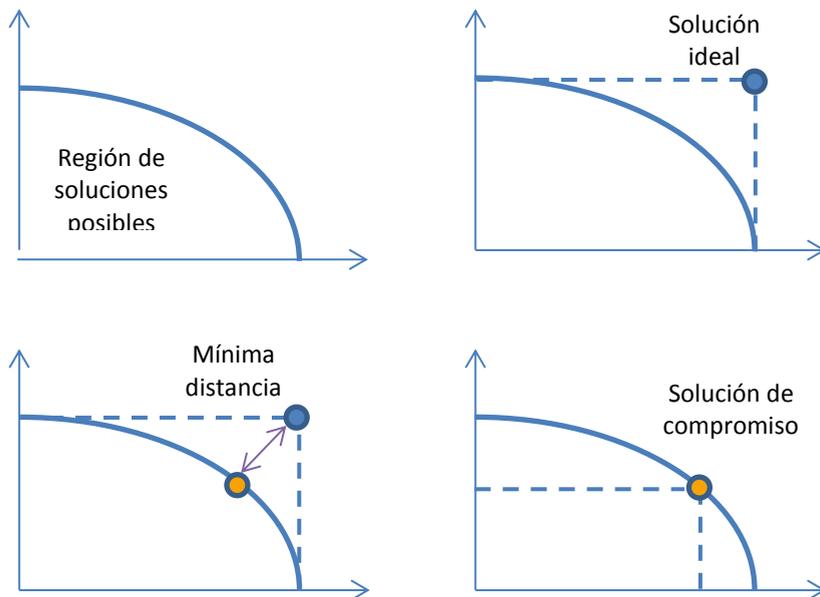


Fig. 30. Método VIKOR. Solución de compromiso.

El procedimiento VIKOR consta de los siguientes pasos:

- Consideremos la tabla de funciones criterio f_{ij} , para el criterio i (n criterios) y la alternativa j (J alternativas), que corresponde a la matriz de funciones criterio, traspuesta de la correspondiente matriz en AHP.
- Seleccionamos el mejor f_i^* y el peor f_i^∇ de los valores de todas las funciones criterio; $i = 1,2,\dots,n$; $j = 1,2,\dots,J$, definidos del siguiente modo:

$f_i^* = \max_i \{f_{ij}\}$ si la función f es beneficio

$f_i^* = \min_i \{f_{ij}\}$ si la función f es coste

$f_i^\nabla = \min_i \{f_{ij}\}$ si la función f es beneficio

$f_i^\nabla = \max_i \{f_{ij}\}$ si la función f es coste

Tabla 11. Funciones Criterio. Mejor y peor de los valores f_i

	A1	A2	-	-	AJ	f*	f[∇]
C1	f_{11}	f_{12}	-	-	f_{1J}	f_1^*	f_1^∇
C2	f_{21}	f_{22}	-	-	f_{2J}	f_2^*	f_2^∇
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
Cn	f_{n1}	f_{n2}	-	-	f_{nJ}	f_n^*	f_n^∇



- Calculamos los valores S_j y R_j ($j = 1,2, \dots, J$), mediante las siguientes expresiones:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^\nabla} \quad (\text{Distancia Manhattan ponderada y normalizada}) \quad (18)$$

$$R_j = \max_i w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^\nabla} \quad (\text{Distancia Tchebycheff ponderada y normalizada}) \quad (19)$$

donde w_i son los pesos de los criterios.

- Obtenemos a continuación los valores

$$S^* = \min_j S_j \quad (20)$$

$$S^\nabla = \max_j S_j \quad (21)$$

$$R^* = \min_j R_j \quad (22)$$

$$R^\nabla = \max_j R_j \quad (23)$$

Con los cuales calculamos los valores Q_j ($j = 1, 2, \dots, J$), de acuerdo con la relación

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^\nabla - S^*} + (1 - v) \frac{R_j - R^*}{R^\nabla - R^*} \quad (24)$$

en la que se introduce v como un peso para la estrategia de máxima utilidad de grupo, siendo $(1-v)$ el peso de la pena individual. Esta estrategia es de consenso para $v = 0.5$.

El consenso, que ha sido definido como la ausencia de oposición activa a falta de unanimidad, es el resultado de concesiones libremente otorgadas que no excluye la expresión de reservas, de acuerdo con lo que señala el Consejo Ejecutivo de la UNESCO (Figueroa. 1989).

El modo de operar se muestra en la tabla 12 siguiente:

Tabla 12. Valores S, R, Q

				$e_{ij} = w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^\nabla}$				
	f^*	f^∇	w_c	A1	A2	-	-	AJ
C1	$f1^*$	$f1^\nabla$	w_{C1}	e_{11}	e_{12}	-	-	e_{1J}
C2	$f2^*$	$f2^\nabla$	w_{C2}	e_{21}	e_{22}	-	-	e_{2J}
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cn	fn^*	fn^∇	w_{Cn}	e_{n1}	e_{n2}	-	-	e_{nJ}
			S_j	S1	S2	-	-	SJ
			R_j	R1	R2	-	-	RJ
			Q_j	Q1	Q2	-	-	QJ



S^*	S^∇
R^*	R^∇



Las infraestructuras se ordenan y clasifican ahora según los valores S, R y Q, a partir del valor mínimo. Los resultados se muestran en las tres listas ordenadas de la tabla 13 siguiente:

Tabla 13.- Clasificación de Alternativas según S, R, Q

Posición	1ª	2ª	...	...	Jª
Según S	AS(1)	AS(2)	...	...	AS(J)
Según R	AR(1)	AR(2)	...	...	AR(J)
Según Q	AQ(1)	AQ(2)	...	...	AQ(J)

- La infraestructura mejor clasificada por el valor Q, llamada AQ(1), es la solución de compromiso (mínimum) si se cumplen las dos condiciones a y b siguientes:

a. Condición de Ventaja Aceptable:

La diferencia entre los valores de las dos infraestructuras mejor clasificadas según Q, que identificaremos como AQ(1) and AQ(2) deben satisfacer la condición

$$AQ(2) - AQ(1) \geq DQ \quad (25)$$

Donde

$$DQ = 1/(J - 1) \quad (26)$$

b. Condición de Estabilidad Aceptable en la decisión:

La infraestructura mejor clasificada según Q debe también ser la mejor clasificada según S y/o según R.

La solución propuesta (la solución de compromiso obtenida en los cálculos) puede aceptarse por el decisor porque proporciona la máxima utilidad a la mayoría (representada por el mínimo S y una pena mínima al oponente (representado por el mínimo R). Ambas magnitudes se incluyen en la expresión de Q para hallar la solución de compromiso, base para un acuerdo establecido por concesiones mutuas.

CAPÍTULO 4

**APLICACIÓN DE
LA METODOLOGIA
A LA COSTERA**

4.1. Delphi – AHP. Formación de la Estructura Jerárquica.

Para la definición de alternativas, primera tarea después de fijar el objetivo, aplicaremos el método Delphi. El primer paso en la implementación del método es la selección del panel de expertos, esto es, el grupo anónimo de expertos formado por políticos, funcionarios y urbanistas (Chen et al. 1992; Chang et al. 2008; Saaty. 2012). En cuanto al número de participantes, Landeta (1999) propone que sean entre 7 y 30; en nuestro caso, han sido seleccionados y han aceptado participar 16, entre los que se encuentran políticos, arquitectos, ingenieros de caminos, ingenieros industriales, economistas, geógrafos, empresarios, agentes de desarrollo local y ciudadanos socialmente activos.

La consulta ha tenido lugar mediante correos electrónicos, asegurando el anonimato de los participantes. El primer cuestionario, en forma de tabla, proponía la valoración de 1 a 9 de la utilidad para el impulso sostenible de la comarca de La Costera que atribuía el experto consultado a cada una de las infraestructuras relacionadas alfabéticamente en una lista, formada por 12 propuestas concretas y 3 abiertas (que podía proponer el experto), entre las cuales había algunas coincidencias con las relacionadas en la ETCV.

La segunda vuelta de la encuesta dio a conocer los resultados de la primera consulta y solicitó nuevamente la valoración, tras lo cual, las propuestas mejor valoradas como candidatas a significativa

distancia de las demás –en ausencia de otras consideraciones– resultaron cinco, especialmente relacionadas con el turismo cultural y de ocio. Es de destacar que, como se ha demostrado por Deng et al. (2011), la industria del turismo contribuye a la sostenibilidad. Algunos trabajos, como el de Ibret et al. (2013), hacen hincapié en la sostenibilidad del desarrollo en relación con el potencial turístico que existe en una región determinada. Otros trabajos han puesto de relieve el papel del turismo cultural como factor estratégico de desarrollo (Precedo et al. 2007). En consecuencia, las siguientes cinco alternativas propuestas se han obtenido sobre la base de las características que tienen como generadores de desarrollo económico de La Costera, y cuya idoneidad objetiva –a posteriori de la selección de los expertos– analizamos:

- **Cable Teleférico (CW):** Un cable teleférico es un medio de transporte que permite acceder a áreas remotas, poco accesibles y, por ser ambientalmente amigable, también a las áreas sensibles, tales como las alpinas (Brida et al. 2014). Además, el escenario (territorio y paisaje) que los pasajeros pueden ver desde un cable es en sí mismo un importante recurso de la economía turística en muchos países como Eslovenia (Tezak et al. 2011), y se incluye en muchos planes de mejora del turismo, como en Turquía (Yürüdür & Dicle. 2011).

La propuesta de un teleférico en un valle limitado por dos sierras (Serra Grossa y Sierra de Enguera) más la Sierra del Castillo de Xàtiva, presenta numerosas alternativas de emplazamiento con grandes atractivos.

- **Museo Etnológico (EM):** Bryan et al. (2012) destacan la importante contribución de los museos al desarrollo económico. Por otra parte, los efectos e implicaciones de los bienes culturales en general están cada vez más presentes en las políticas de desarrollo socio-económico de los territorios (Fonseca & Rebelo. 2010). Hoy en día es considerado como un valioso recurso para el desarrollo de áreas geográficas específicas (Comission Europea. 2006).

La comarca de La Costera posee características históricas suficientes como para la creación de un museo etnológico comarcal, del que carece, y que agruparía con sentido de unidad los testimonios etnológicos locales.

- **Golf Resort (GR):** Neo (2001) subraya que los campos de golf son contrarios al ideal de sostenibilidad urbana. Sin embargo, Tanner & Gange (2005) concluyen que la diversidad de grupos indicadores como los abejorros, pájaros y escarabajos de tierra puede ser mejor en los campos de golf comparados con las tierras agrícolas y de pastoreo vecinos.

Al margen de su impacto ecológico, los aspectos positivos del turismo de golf incluyendo el aumento del empleo y la mejora de la economía local, sin duda han sido factores clave para que el panel de expertos considere esta alternativa en una primera encuesta. El turismo del golf ha supuesto un impulso al desarrollo de la economía regional en China (Shen & Kou. 2013), Nueva Zelanda (Gazley. 2010), Portugal (Pestana et al. 2010) o Chipre (Boukas et al. 2011).

El recurso económico del golf forma parte de las propuestas de la ETCV, en su caso, asociado al turismo cultural y de gastronomía, lo cual pone de manifiesto asimismo la adecuación a las referencias propuestas

- **Embalse Multiusos (MR):** Entre otras funciones como la de reserva de agua para consumo humano o para riego, laminación de avenidas, o como salto de agua para generación de energía eléctrica, los embalses pueden proporcionar un valioso recurso recreacional y sustanciales beneficios económicos para la comunidad de su entorno (Nickolds. 2004). Por otra parte, los empleos ligados al ocio generalmente pueden mantenerse durante un largo período de tiempo (Douglas & Harpman. 1995). Además, una política de gestión adecuada puede resultar beneficiosa para todos los intereses relacionados con la operación de un embalse multiusos. (Efsdtratiadis & Hadjibiros. 2011). Al mismo tiempo, un lago artificial es un equipamiento muy apreciado por parte de muchos propietarios residentes (Larson & Perrings. 2013). Y Debnath et al. (2013) destacan la gran importancia económica del factor recreacional en el modelo de gestión de un embalse multiusos.

Aunque la propuesta es genérica, es de destacar que en la planificación de la Confederación Hidrográfica del Júcar (2000) se prevé desde antiguo el embalse de Montesa, con la construcción de una presa-bóveda en el río Canyoles prácticamente en el centro de la comarca y que tendría como finalidades principales el riego y la laminación de avenidas. Ese hecho – sin prejuzgar a priori la ubicación- pone también de manifiesto que la infraestructura propuesta es adecuada a las características de la región. La existencia de un embalse de estas

características es deseable, como demuestra la construcción de numerosos depósitos y balsas de riego por parte de las comunidades de regantes, y cuyo papel podría asumir o complementar.



Fig. 31. Balsas de riego en las inmediaciones de Cerdá

- **Ruta Temática (TR):** Este concepto consiste en un recorrido que conecta elementos de interés natural o cultural, sobre la base de un determinado tema. Teniendo en cuenta la sostenibilidad, las rutas temáticas proporcionan educación o instrucción y diversión al mismo tiempo. Nagy (2012) destaca los principales objetivos de tales rutas: cultivar el interés, la educación, el desarrollo de la cooperación, nuevos mercados, la protección, el

empaquetamiento, la disminución de gastos, encajar las tendencias. Entre los beneficios de la creación de una ruta temática (Csapó. 2012) se incluyen el impulso económico regional, la mejora de las empresas entre los residentes locales, la mejora de las inversiones, el desarrollo de nuevas infraestructuras y el incremento del flujo de turistas.

Como pone de manifiesto la ETCV, en la Costera convergen numerosas rutas temáticas: La vía augusta, la de Jaume I, la dels Monestirs, etc, sin excluir la posibilidad de otras distintas de éstas, especialmente en las asociadas a elementos históricos y culturales.

Estas cinco infraestructuras son novedosas en la región en estudio (La Costera), de modo que la decisión de su selección no cuenta con experiencias contrastadas en la comarca; pero por ello añade, al menos en la fase inicial de su puesta en servicio, la atracción de la novedad. La innovación puede ser un factor esencial para el éxito en el turismo (Mayer. 2009).

De modo semejante a la primera consulta, una segunda solicitó a los expertos con el mismo mecanismo (e-mail) y características de anonimato si consideraban que los 7 criterios definidos en una lista adjunta eran los adecuados a la hora de seleccionar entre varias la mejor infraestructura para el impulso del desarrollo económico sostenible de la comarca, con la posibilidad de excluir tachando uno, varios o todos ellos, y de añadir libremente los que considerasen más oportunos, sin límite.

Los criterios presentados a los expertos en la lista para su consideración reflejan los componentes exigibles a la misma, es

decir, los que permiten destacar el carácter sostenible del impulso y el crecimiento económico: los puramente económicos, los medioambientales y los de equidad y utilidad social añadida. El resultado de la encuesta fue el asentimiento unánime a la relación de criterios, y la ausencia de criterios nuevos. Son los siguientes:

Criterios económicos:

- **Importe de la Inversión (AOI):** el importe de la inversión que se requiere para la implementación de la infraestructura es un criterio inexcusable pues, a igualdad de condiciones, es preferible aquella que requiere menor inversión.
- **Subvenciones o Condiciones de Financiación (GFT):** Por su propia naturaleza de interés general, ciertas actuaciones pueden ser subvencionadas, sea mediante fondos específicos o por subsidio del tipo de interés del capital necesario, por diferentes niveles de gobierno (nacional o supranacional), y tal posibilidad debe ser considerada por los expertos, según su propia estimación de las características de la infraestructura.
- **Crecimiento Económico Esperado (ECG):** Los resultados esperados en el crecimiento económico y su rentabilidad estimada son evaluados mediante este criterio.

Criterios ambientales:

- **Impacto Ambiental (ENI):** Este criterio evalúa los efectos de una infraestructura sobre el paisaje y la sostenibilidad ambiental, tanto durante su ejecución como en su explotación.

Criterios sociales

- **Sostenibilidad de los Municipios (MUS):** Aunque el impulso económico es evaluado para el conjunto de la región, las infraestructuras que afectan positivamente a un mayor número de municipios del área son preferibles porque aumentan la equidad y la sostenibilidad regional.
- **Empleo y Equidad Social (JSE):** El empleo directo e indirecto generado por la implantación de una infraestructura debe ser considerado un criterio de selección al margen de los resultados económicos o monetarios directos.
- **Impacto Social (SOI):** Entre los criterios de carácter social, éste mide la utilidad complementaria que una infraestructura proporciona a la sociedad al margen de sus características de estímulo económico, tal como el caso de un hospital.

Estos criterios para la selección de la infraestructura óptima son comunes y aplicables para todas las regiones, para cualquier región; es su valor relativo el que depende de la región en particular a la que se aplique, y deben evaluarse adecuadamente según su importancia en relación con la región en estudio, en nuestro caso, La Costera.

De acuerdo con ello, la estructura jerárquica multinivel o árbol jerárquico es la que se muestra en la figura 32 siguiente:

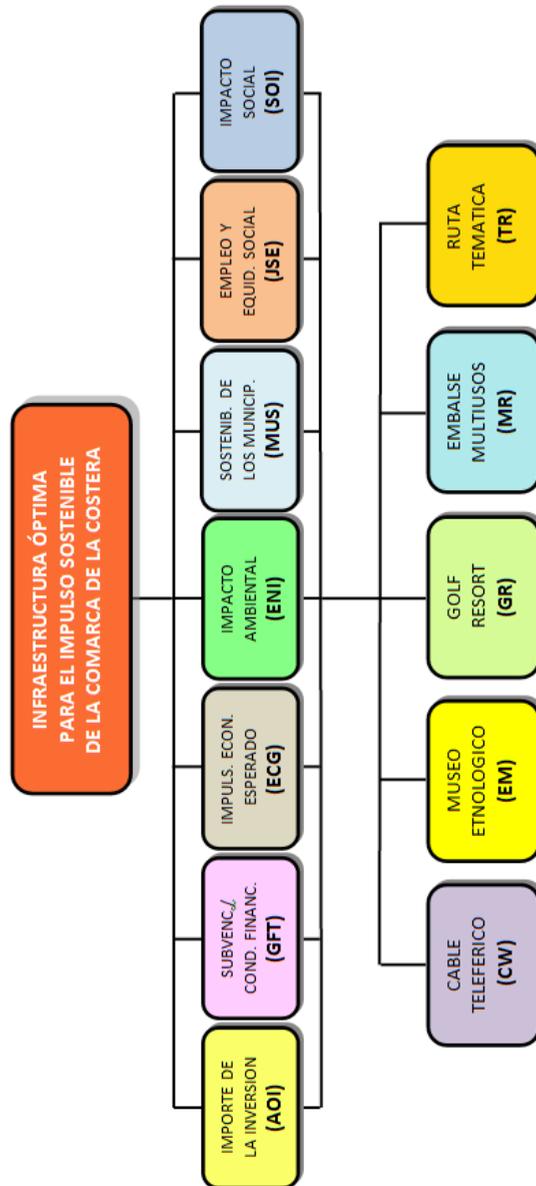


Fig. 32. Estructura Jerárquica de la Tesis

Los expertos deben evaluar ahora el grado de importancia de los criterios en la selección de la infraestructura. A tal efecto, el cuestionario facilitado cada uno de ellos es el siguiente:

Tabla 14. Cuestionario para la evaluación de los criterios

Para seleccionar la mejor infraestructura para el impulso sostenible de La Costera, debe hacer la comparación de los dos criterios de cada fila.																			
Si este criterio es el más importante de los dos de la fila, indique el grado de importancia										=	Si este criterio es el más importante de los dos de la fila, indique el grado de importancia								
Importe de la inversión (AOI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Subv./ Condición Financiación (GFT)	
Importe de la inversión (AOI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CreCIM. Económ. Esperado (ECG)	
Importe de la inversión (AOI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Ambiental (ENI)	
Importe de la inversión (AOI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sostenibilidad de los Municipios (MUS)	
Importe de la inversión (AOI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Empleo & Equidad Social (JSE)	
Importe de la inversión (AOI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Social (SOI)	
Subv./ Condición Financiación (GFT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CreCIM. Económ. Esperado (ECG)	
Subv./ Condición Financiación (GFT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Ambiental (ENI)	
Subv./ Condición Financiación (GFT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sostenibilidad de los Municipios (MUS)	
Subv./ Condición Financiación (GFT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Empleo & Equidad Social (JSE)	
Subv./ Condición Financiación (GFT)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Social (SOI)	
CreCIM. Económ. Esperado (ECG)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Ambiental (ENI)	
Impacto Económ. Esperado (ECG)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sostenibilidad de los Municipios (MUS)	
Impacto Económ. Esperado (ECG)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Empleo & Equidad Social (JSE)	
Impacto Económ. Esperado (ECG)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Social (SOI)	
Impacto Ambiental (ENI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sostenibilidad de los Municipios (MUS)	
Impacto Ambiental (ENI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Empleo & Equidad Social (JSE)	
Impacto Ambiental (ENI)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Social (SOI)	
Sostenibilidad de los Municipios (MUS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Empleo & Equidad Social (JSE)	
Sostenibilidad de los Municipios (MUS)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Social (SOI)	
Empleo & Equidad Social (JSE)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Impacto Social (SOI)	

4.2. Resultados de la aplicación del AHP

Evaluación de criterios

En la fase de evaluación de criterios, los 16 valores de las respuestas individuales del panel de expertos han sido agregados hallando su media geométrica. Con dichos valores agregados hemos formado la tabla de evaluación de criterios siguiente:

Tabla 15. Evaluación de criterios

	AOI	GFT	ECG	ENI	MUS	JSE	SOI
AOI	1,000	1,044	0,487	0,958	2,956	0,213	1,044
GFT	0,958	1,000	0,327	0,974	1,018	0,335	0,958
ECG	2,053	3,058	1,000	1,979	4,906	0,353	2,978
ENI	1,044	1,027	0,505	1,000	2,852	0,327	1,881
MUS	0,338	0,982	0,204	0,351	1,000	0,111	0,522
JSE	4,695	2,985	2,833	3,058	8,972	1,000	4,838
SOI	0,958	1,044	0,336	0,532	1,916	0,207	1,000

La cual, en forma de matriz, es:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 1,044 & 0,487 & 0,958 & 2,956 & 0,213 & 1,044 \\ 0,958 & 1,000 & 0,327 & 0,974 & 1,018 & 0,335 & 0,958 \\ 2,053 & 3,058 & 1,000 & 1,979 & 4,906 & 0,353 & 2,978 \\ 1,044 & 1,027 & 0,505 & 1,000 & 2,852 & 0,327 & 1,881 \\ 0,338 & 0,982 & 0,204 & 0,351 & 1,000 & 0,111 & 0,522 \\ 4,695 & 2,985 & 2,833 & 3,058 & 8,972 & 1,000 & 4,838 \\ 0,958 & 1,044 & 0,336 & 0,532 & 1,916 & 0,207 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Normalizamos los valores de las columnas, sumamos los valores por filas, y normalizamos la columna de las sumas:

Tabla 16. Normalización de valores

Valores normalizados							Suma	Suma normalizada
0,0905	0,0937	0,0856	0,1082	0,1250	0,0837	0,0790	0,6656	0,0951
0,0867	0,0898	0,0575	0,1100	0,0430	0,1316	0,0725	0,5911	0,0844
0,1859	0,2745	0,1757	0,2236	0,2074	0,1387	0,2252	1,4310	0,2044
0,0945	0,0922	0,0888	0,1130	0,1206	0,1285	0,1423	0,7797	0,1114
0,0306	0,0882	0,0358	0,0396	0,0423	0,0436	0,0395	0,3196	0,0457
0,4250	0,2680	0,4977	0,3455	0,3808	0,3928	0,3659	2,6758	0,3823
0,0867	0,0937	0,0590	0,0601	0,0810	0,0812	0,0756	0,5373	0,0768
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	7,0000	1,0000

Cuyo autovalor máximo es:

$$\lambda_{\max} = 7,1727$$

Siendo el orden de la matriz o número de criterios $n = 7$, el Índice de consistencia CI resulta:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - 7)}{(n-1)} = 0.029$$

Comparamos este valor con el índice de consistencia aleatoria RCI de Saaty (2012) que, de acuerdo con la tabla 9, para $n = 7$ resulta $RCI = 1,35$. Obtenemos entonces el valor de CR, Ratio de Consistencia, según la expresión (16):

$$CR = \frac{CI}{RCI} = \frac{0.029}{1,35} = 0.022$$

Y, de acuerdo con la tabla 10, para $n = 7$, $CR_{max} = 0,1$; condición que se cumple, pues

$$CR = 0,022 < CR_{max} = 0.100$$

Es decir, la evaluación del panel de expertos es consistente.

Obtenemos ahora la potencia de la matriz juicios de los criterios y obtenemos los siguientes valores:

Tabla 17. Primera potencia de la matriz

7,0000	9,1902	3,3560	6,1395	16,0151	1,8048	8,9140	52,4196	0,0951
6,4386	7,0000	3,0908	5,4035	14,1028	1,6190	7,8740	45,5287	0,0826
15,2712	19,2733	7,0000	13,2866	33,5242	3,9751	19,0206	111,3511	0,2021
8,4104	10,4296	3,9940	7,0000	18,8632	2,1040	10,4109	61,2122	0,1111
3,4232	4,1774	1,5605	3,0025	7,0000	0,9176	4,1418	24,2230	0,0440
28,9399	36,5743	13,9344	24,8584	66,8227	7,0000	36,3284	214,4581	0,3892
5,7785	7,1592	2,7241	4,9659	12,7512	1,4721	7,0000	41,8511	0,0759
Sumas.....							551,0438	1,0000

Con dos iteraciones más, los valores resultan suficientemente próximos, y obtenemos el vector peso de los criterios siguiente:

$$w = \begin{Bmatrix} 0,0950 \\ 0,0832 \\ 0,2028 \\ 0,3874 \\ 0,1107 \\ 0,0449 \\ 0,0759 \end{Bmatrix}$$

Dichos valores pueden expresarse en forma de porcentaje, los que muestra de manera más intuitiva el peso relativo de cada criterio, y son los siguientes:

Tabla 18. Peso de los criterios en %

Criterio	Valoración (Peso en %)
AOI	9,51
GFT	8,33
ECG	20,31
ENI	11,10
MUS	4,49
JSE	38,62
SOI	7,63

Gráficamente, los resultados se muestran del siguiente modo:

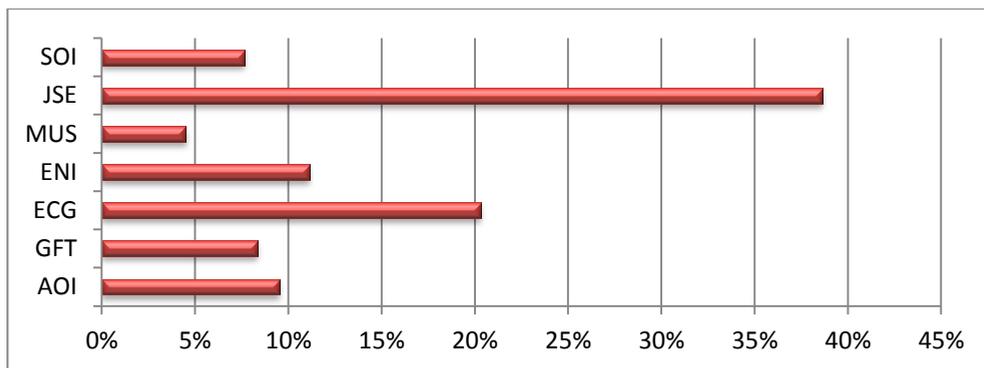


Fig.33. Valoración o peso de los criterios

Evaluación de alternativas

Seguidamente, los expertos han evaluado la importancia relativa de las infraestructuras en relación a cada uno de los criterios, al responder a la batería de siete cuestionarios siguiente:

Tabla 19. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio **AOI**

Atendiendo al Importe de la inversión (criterio AOI) necesaria para la implementación de la infraestructura:																			
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia								
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)	
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)	
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)	
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)	
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)	
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)	
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	

Tabla 20. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio **GFT**

Atendiendo a las mejores posibilidades de obtención de Subvenciones o condiciones favorables de financiación (criterio GFT) para la implementación de la infraestructura:																			
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia								
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)	
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)	
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)	
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)	
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)	
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)	
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)	

Tabla 21. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio ECG

Atendiendo al mayor Desarrollo Económico Esperable (criterio ECG) que resultaría de la implementación de la infraestructura:																		
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia							
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)

Tabla 22. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio ENI

Atendiendo al menor Impacto Ambiental (criterio ENI) generado por la implementación de la infraestructura:																		
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia							
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)

Tabla 23. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio **MUS**

Atendiendo a la mayor Sostenibilidad de Cada Municipio (criterio MUS) por la implementación de la infraestructura:																				
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia									
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)		
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)		
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)		
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)		
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)		
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)		
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		

Tabla 24. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio **JSE**

Atendiendo a la mayor creación de Empleo y Equidad Social (criterio JSE) consecuencia de la implementación de la infraestructura:																				
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia									
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)		
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)		
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)		
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)		
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)		
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)		
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)		

Tabla 25. Cuestionario de evaluación de infraestructuras según el criterio **SOI**

Atendiendo a la mayor Utilidad Social Añadida o Impacto Social (criterio SOI) resultante de la implementación de la infraestructura:																		
Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia										=	Si esta infraestructura es la preferible de las dos de la fila, indique el grado de preferencia							
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ruta temática (TR)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Golf Resort (GR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Museo Etnológico (EM)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Ruta temática (TR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Embalse Multiusos (MR)
Museo Etnológico (EM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)
Embalse Multiusos (MR)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teleférico (CW)

La comprobación de la hipótesis de consenso de las respuestas a los cuestionarios por parte de los expertos ha sido positiva, pues ninguno de los juicios ha diferido de la media más de dos escalones de Vargas. De modo semejante al cálculo del peso de los criterios, realizamos la agregación de los juicios individuales (media geométrica) y formamos las tablas de comparación de infraestructuras para cada criterio y sus correspondientes matrices; y con un tratamiento matemático similar, obtenemos las prioridades y los índices de consistencia.

Para cada uno de los criterios se muestran las preferencias agregadas de cada alternativa en la tabla de comparación, con la que se forma la correspondiente matriz. El resto de operaciones, con los resultados para el vector prioridad y la presentación gráfica se muestra como sigue:

Para el criterio AOI

Tabla 26. Comparación de alternativas según AOI

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	1,044	1,091	7,934	1,297
EM	0,958	1,000	0,958	7,992	0,958
GR	0,917	1,044	1,000	7,298	2,780
MR	0,126	0,125	0,137	1,000	0,140
TR	0,771	1,044	0,360	7,143	1,000

Con cuyos valores formamos la matriz

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 1,044 & 1,091 & 7,934 & 1,297 \\ 0,958 & 1,000 & 0,958 & 7,992 & 0,958 \\ 0,917 & 1,044 & 1,000 & 7,298 & 2,780 \\ 0,126 & 0,125 & 0,137 & 1,000 & 0,140 \\ 0,771 & 1,044 & 0,360 & 7,143 & 1,000 \end{bmatrix}$$

El cálculo nos da un valor de la Ratio de Consistencia:

$$CR = 2,7 \% < 10\%$$

lo que nos indica que la evaluación es consistente; y el autovector o Clasificación de las Alternativas respecto al criterio AOI es:

$$CA_{AOI} = \begin{Bmatrix} 0,2554 \\ 0,2316 \\ 0,2960 \\ 0,0310 \\ 0,1861 \end{Bmatrix}$$

Que, presentado en forma de tabla, resulta:

Tabla 27. Prioridades de alternativas según AOI

Infraestructura Alternativa	Valoración respecto del criterio AOI (%)
CW	25,54
EM	23,16
GR	29,60
MR	3,10
TR	18,61

Y cuyo gráfico de barras permite visualizar la valoración:

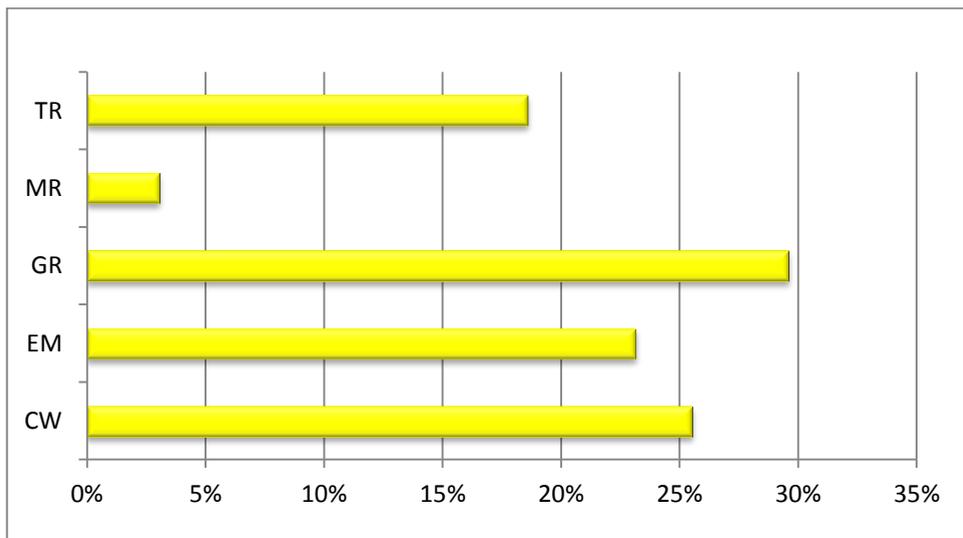


Fig. 34. Valoración de las alternativas según el criterio AOI

Para el criterio GFT:

Tabla 28. Comparación de alternativas según **GFT**

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	4,862	1,044	0,342	1,139
EM	0,206	1,000	0,209	0,124	0,333
GR	0,958	4,785	1,000	0,342	1,834
MR	2,924	8,065	2,924	1,000	2,852
TR	0,878	3,000	0,545	0,351	1,000

Cuya matriz correspondiente es:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 4,862 & 1,044 & 0,342 & 1,139 \\ 0,206 & 1,000 & 0,209 & 0,124 & 0,333 \\ 0,958 & 4,785 & 1,000 & 0,342 & 1,834 \\ 2,924 & 8,065 & 2,924 & 1,000 & 2,852 \\ 0,878 & 3,000 & 0,545 & 0,351 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Ratio de Consistencia: $CR = 1,3\% < 10\%$
(la evaluación es consistente)

Vector de clasificación de alternativas:

$$CA_{GFT} = \begin{Bmatrix} 0,1781 \\ 0,0438 \\ 0,1929 \\ 0,4496 \\ 0,1357 \end{Bmatrix}$$

Prioridad en porcentaje:

Tabla 29. Prioridades de alternativas según GFT

Infraestructura Alternativa	Valoración respecto del criterio GFT (%)
CW	17,81
EM	4,38
GR	19,29
MR	44,96
TR	13,57

Y el gráfico es:

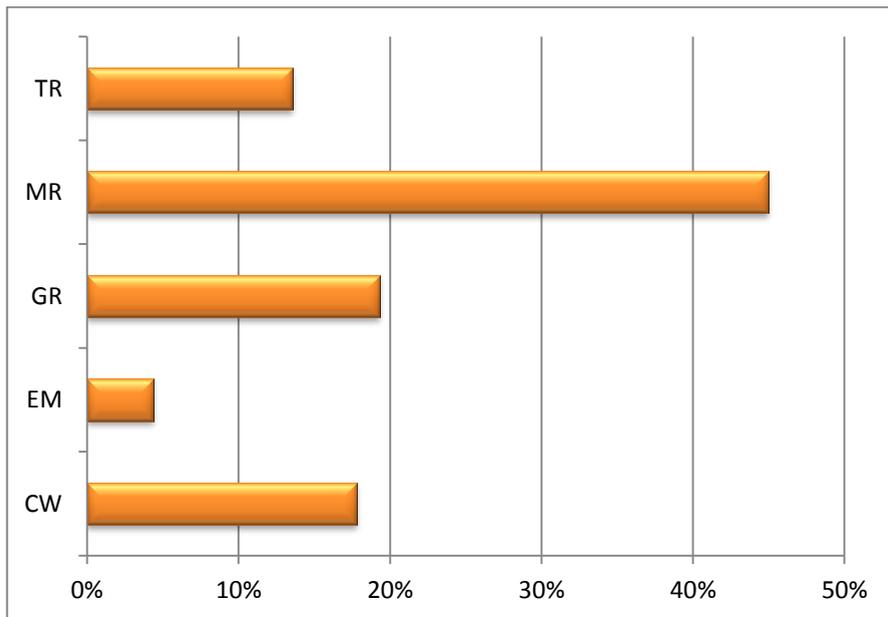


Fig. 35. Valoración de las alternativas según el criterio GFT

Para el criterio ECG:

Tabla 30. Comparación de alternativas según ECG

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	0,917	0,206	0,128	0,569
EM	1,091	1,000	0,327	0,167	0,917
GR	4,854	3,058	1,000	1,044	2,158
MR	7,813	5,988	0,958	1,000	4,975
TR	1,757	1,091	0,463	0,201	1,000

Cuya matriz correspondiente es:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,917 & 0,206 & 0,128 & 0,569 \\ 1,091 & 1,000 & 0,327 & 0,167 & 0,917 \\ 4,854 & 3,058 & 1,000 & 1,044 & 2,158 \\ 7,813 & 5,988 & 0,958 & 1,000 & 4,975 \\ 1,757 & 1,091 & 0,463 & 0,201 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Ratio de Consistencia CR = 1,8 % < 10 %

(la evaluación es consistente)

Vector de clasificación de alternativas:

$$CA_{\text{ECG}} = \begin{Bmatrix} 0,0627 \\ 0,0831 \\ 0,3059 \\ 0,4426 \\ 0,1057 \end{Bmatrix}$$

Prioridad en porcentaje:

Tabla 31. Prioridades de alternativas según ECG

Infraestructura Alternativa	Valoración respecto del criterio ECG (%)
CW	6,27
EM	8,31
GR	30,59
MR	44,26
TR	10,57

Gráfico:

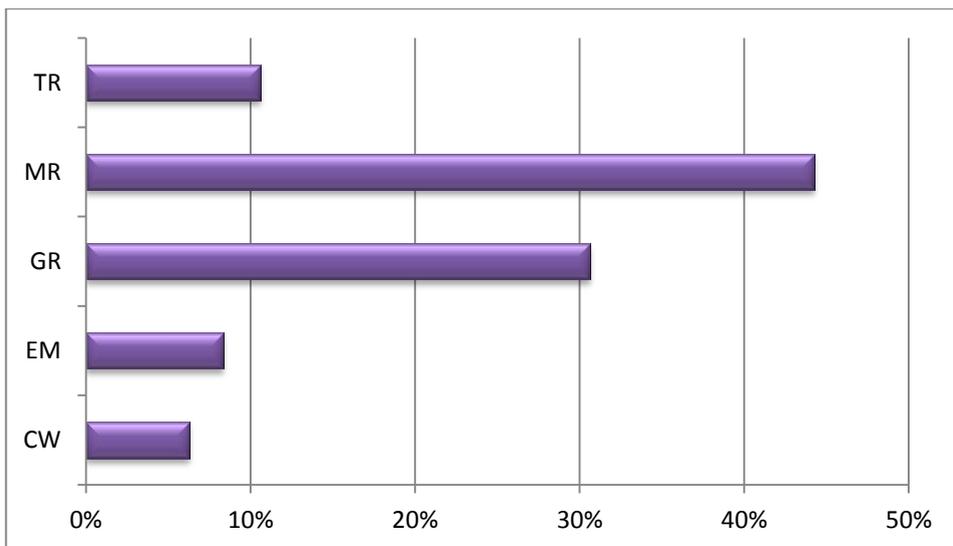


Fig. 30. Comparación de alternativas según ECG

Para el criterio ENI

Tabla 32. Comparación de alternativas según ENI

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	0,209	0,484	3,843	0,203
EM	4,785	1,000	2,956	8,868	1,044
GR	2,066	0,338	1,000	2,826	0,327
MR	0,260	0,113	0,354	1,000	0,113
TR	4,926	0,958	3,058	8,850	1,000

Matriz correspondiente:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,209 & 0,484 & 3,843 & 0,203 \\ 4,785 & 1,000 & 2,956 & 8,868 & 1,044 \\ 2,066 & 0,338 & 1,000 & 2,826 & 0,327 \\ 0,260 & 0,113 & 0,354 & 1,000 & 0,113 \\ 4,926 & 0,958 & 3,058 & 8,850 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Ratio de consistencia: CR = 2,2% < 10 %

(la evaluación es consistente)

Vector de clasificación de alternativas:

$$CA_{ENI} = \begin{Bmatrix} 0,0880 \\ 0,3727 \\ 0,1306 \\ 0,0374 \\ 0,3713 \end{Bmatrix}$$

Prioridad en porcentaje:

Tabla 33. Prioridades de alternativas según ENI

Infraestructura Alternativa	Valoración respecto del criterio ENI (%)
CW	8,80
EM	37,27
GR	13,06
MR	3,74
TR	37,13

Gráfico:

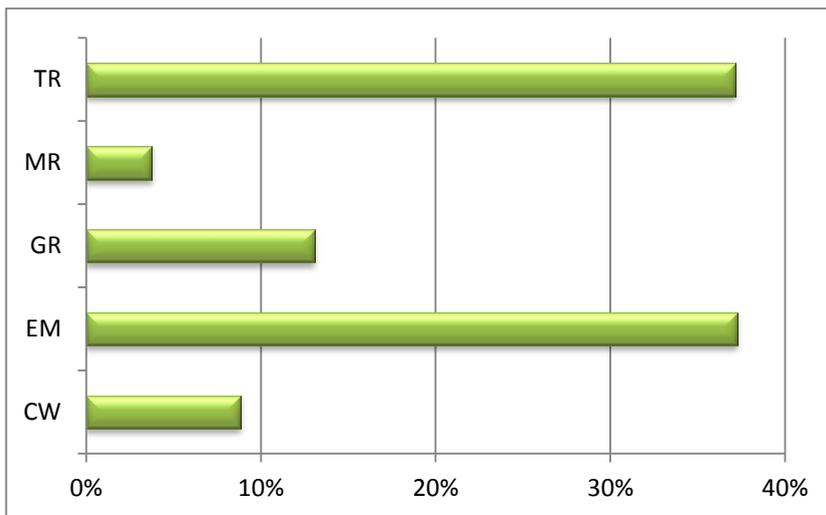


Fig. 37. Valoración de las alternativas según el criterio ENI

Para el criterio MUS:

Tabla 34. Comparación de alternativas según **MUS**

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	3,087	1,091	0,917	0,203
EM	0,324	1,000	0,344	0,252	0,128
GR	0,917	2,907	1,000	0,917	0,243
MR	1,091	3,968	1,091	1,000	0,209
TR	4,926	7,813	4,115	4,785	1,000

Matriz correspondiente:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 3,087 & 1,091 & 0,917 & 0,203 \\ 0,324 & 1,000 & 0,344 & 0,252 & 0,128 \\ 0,917 & 2,907 & 1,000 & 0,917 & 0,243 \\ 1,091 & 3,968 & 1,091 & 1,000 & 0,209 \\ 4,926 & 7,813 & 4,115 & 4,785 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Ratio de consistencia: CR = 1,5 % < 10 %

(la evaluación es consistente)

Vector de clasificación de alternativas:

$$CA_{MUS} = \begin{Bmatrix} 0,1305 \\ 0,0475 \\ 0,1287 \\ 0,1441 \\ 0,5492 \end{Bmatrix}$$

Prioridad en porcentaje:

Tabla 35. Prioridades de alternativas según MUS

Infraestructura Alternativa	Valoración respecto del criterio MUS (%)
CW	13,05
EM	4,75
GR	12,87
MR	14,41
TR	54,92

Gráfico:

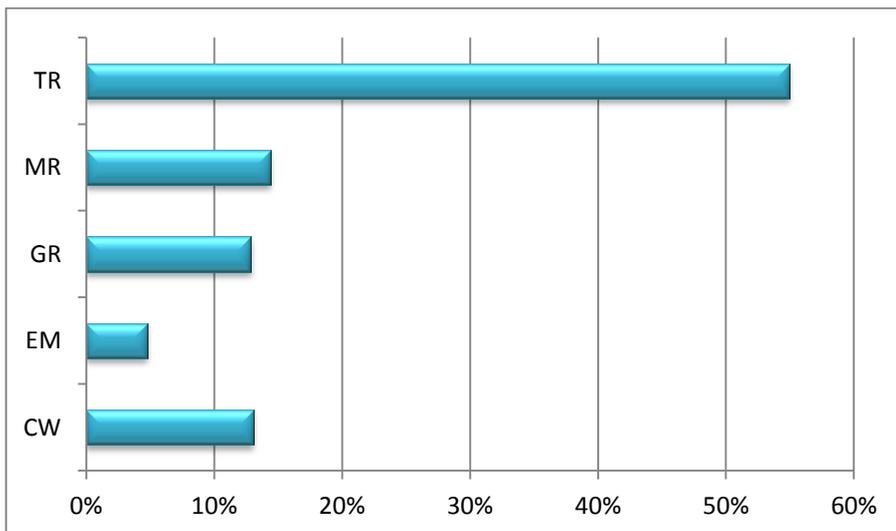


Fig. 38. Valoración de las alternativas según el criterio MUS

Para el criterio JSE:

Tabla 36. Comparación de alternativas según JSE

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	1,091	0,330	2,780	0,147
EM	0,917	1,000	0,369	2,925	0,147
GR	3,030	2,710	1,000	4,906	0,217
MR	0,360	0,342	0,204	1,000	0,113
TR	6,803	6,803	4,608	8,850	1,000

Matriz correspondiente:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 1,091 & 0,330 & 2,780 & 0,147 \\ 0,917 & 1,000 & 0,369 & 2,925 & 0,147 \\ 3,030 & 2,710 & 1,000 & 4,906 & 0,217 \\ 0,360 & 0,342 & 0,204 & 1,000 & 0,113 \\ 6,803 & 6,803 & 4,608 & 8,850 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Ratio de consistencia: $CR = 3,3 \% < 10 \%$

(la evaluación es consistente)

Vector de clasificación de alternativas:

$$CA_{JSE} = \begin{Bmatrix} 0,0864 \\ 0,0861 \\ 0,1980 \\ 0,0404 \\ 0,5892 \end{Bmatrix}$$

Prioridad en porcentaje:

Tabla 37. Prioridades de alternativas según JSE

Infraestructura Alternativa	Valoración respecto del criterio JSE (%)
CW	8,64
EM	8,61
GR	19,80
MR	4,04
TR	58,92

Gráfico:

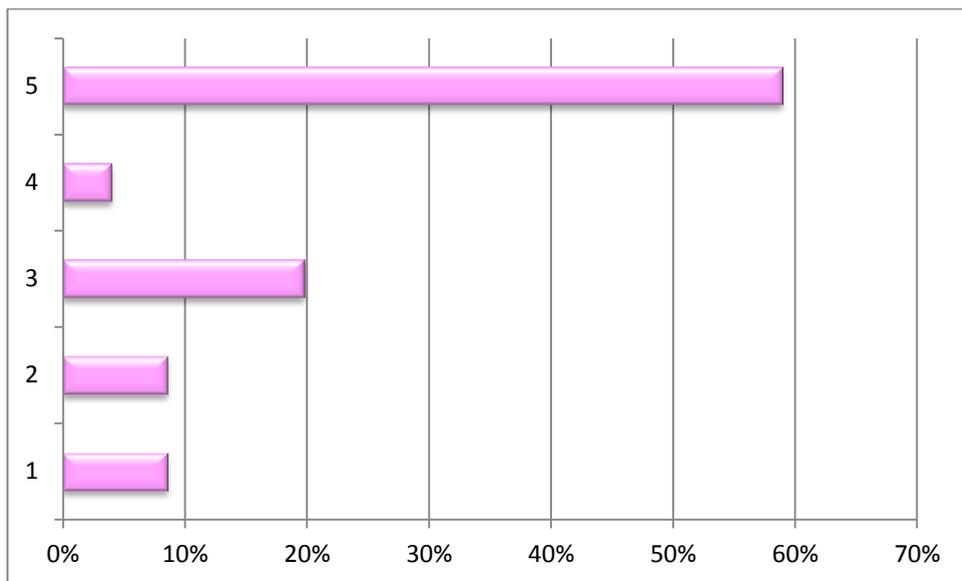


Fig. 39. Valoración de las alternativas según el criterio JSE

Para el criterio SOI:

Tabla 38. Comparación de alternativas según SOI

	CW	EM	GR	MR	TR
CW	1,000	0,130	1,044	0,398	0,147
EM	7,692	1,000	8,803	4,862	1,044
GR	0,958	0,114	1,000	0,243	0,133
MR	2,513	0,206	4,115	1,000	0,310
TR	6,803	0,958	7,519	3,226	1,000

La matriz correspondiente es:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,130 & 1,044 & 0,398 & 0,147 \\ 7,692 & 1,000 & 8,803 & 4,862 & 1,044 \\ 0,958 & 0,114 & 1,000 & 0,243 & 0,133 \\ 2,513 & 0,206 & 4,115 & 1,000 & 0,310 \\ 6,803 & 0,958 & 7,519 & 3,226 & 1,000 \end{bmatrix}$$

Ratio de consistencia: CR = 1,5% < 10 %
(la evaluación es consistente)

De donde el vector de prioridades:

$$CA_{GFT} = \begin{Bmatrix} 0,0496 \\ 0,4254 \\ 0,0427 \\ 0,1228 \\ 0,3596 \end{Bmatrix}$$

Que, en forma de tabla con los valores en porcentaje

Tabla 39. Prioridades de alternativas según SOI

Infraestructura Alternativa	Prioridad respecto del criterio SOI (%)
CW	4,96
EM	42,54
GR	4,27
MR	12,28
TR	35,96

Y el gráfico:

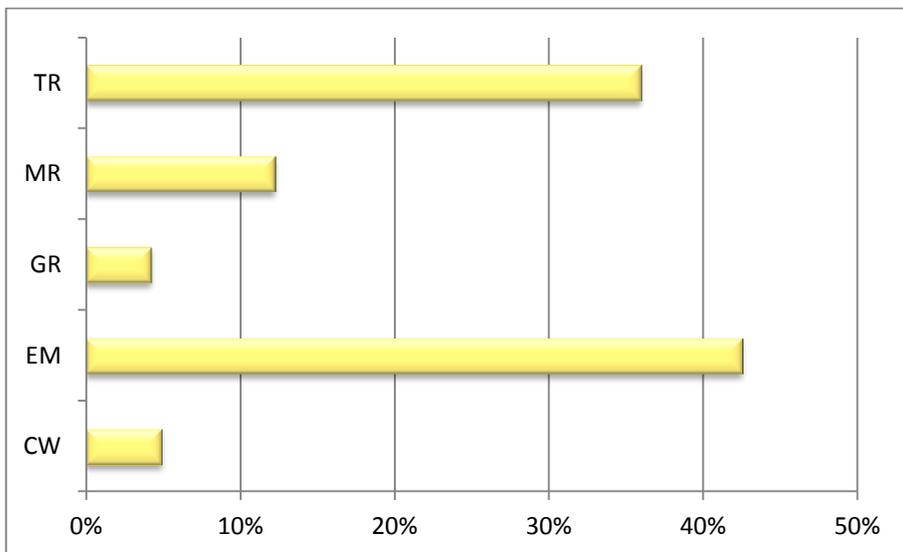


Fig. 40. Valoración de las alternativas según el criterio SOI

Reunimos ahora en una tabla global las prioridades de todas las alternativas para cada criterio:

Tabla 40. Prioridad de las alternativas para cada criterio

Infraestructura Alternativa	Prioridad (%) respecto del criterio						
	AOI	GFT	ECI	EMG	EIS	MDF	ASU
CW	0,2554	0,1781	0,0627	0,0880	0,1305	0,0864	0,0496
EM	0,2316	0,0438	0,0831	0,3727	0,0475	0,0861	0,4254
GR	0,2960	0,1929	0,3059	0,1306	0,1287	0,1980	0,0427
MR	0,0310	0,4496	0,4426	0,0374	0,1441	0,0404	0,1228
TR	0,1861	0,1357	0,1057	0,3713	0,5492	0,5892	0,3596

Y obtenemos la matriz $[DA]$ de prioridades de las infraestructuras:

$$[DA] = \begin{bmatrix} 0,2554 & 0,1781 & 0,0627 & 0,0880 & 0,1305 & 0,0864 & 0,0496 \\ 0,2316 & 0,0438 & 0,0831 & 0,3727 & 0,0475 & 0,0861 & 0,4254 \\ 0,2960 & 0,1929 & 0,3059 & 0,1306 & 0,1287 & 0,1980 & 0,0427 \\ 0,0310 & 0,4496 & 0,4426 & 0,0374 & 0,1441 & 0,0404 & 0,1228 \\ 0,1861 & 0,1357 & 0,1057 & 0,3713 & 0,5492 & 0,5892 & 0,3596 \end{bmatrix}$$

En la que cada columna corresponde a un criterio y es, por tanto, es el vector prioridad de las alternativas según el criterio en cuestión.

Podemos observar comparativamente y en conjunto las prioridades de las alternativas para cada criterio en el siguiente gráfico de barras múltiple:

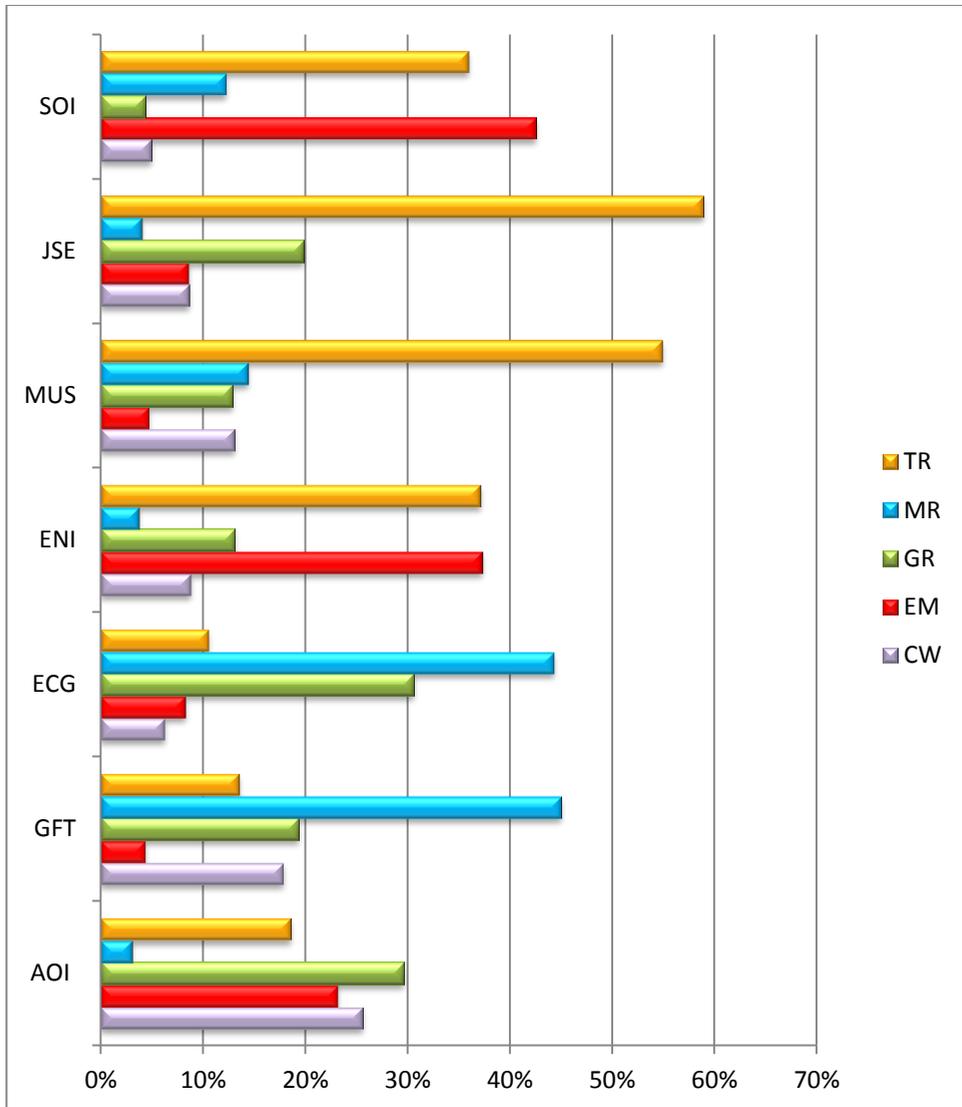


Fig. 41. Valoración de las alternativas según cada criterio

Y el gráfico de las evaluaciones globales es el siguiente:

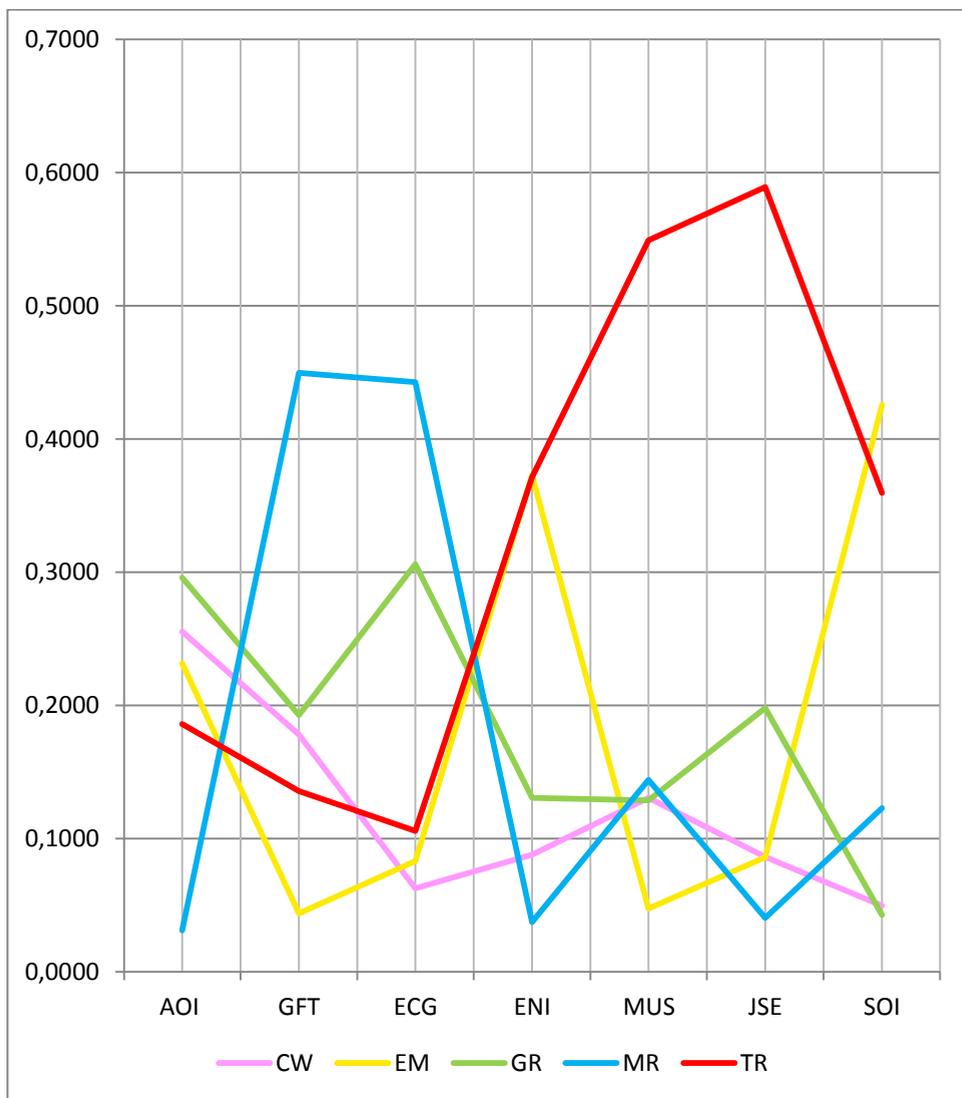


Fig. 42. Gráfico de evaluación global

Podemos representar la propia matriz de prioridades en el siguiente gráfico:

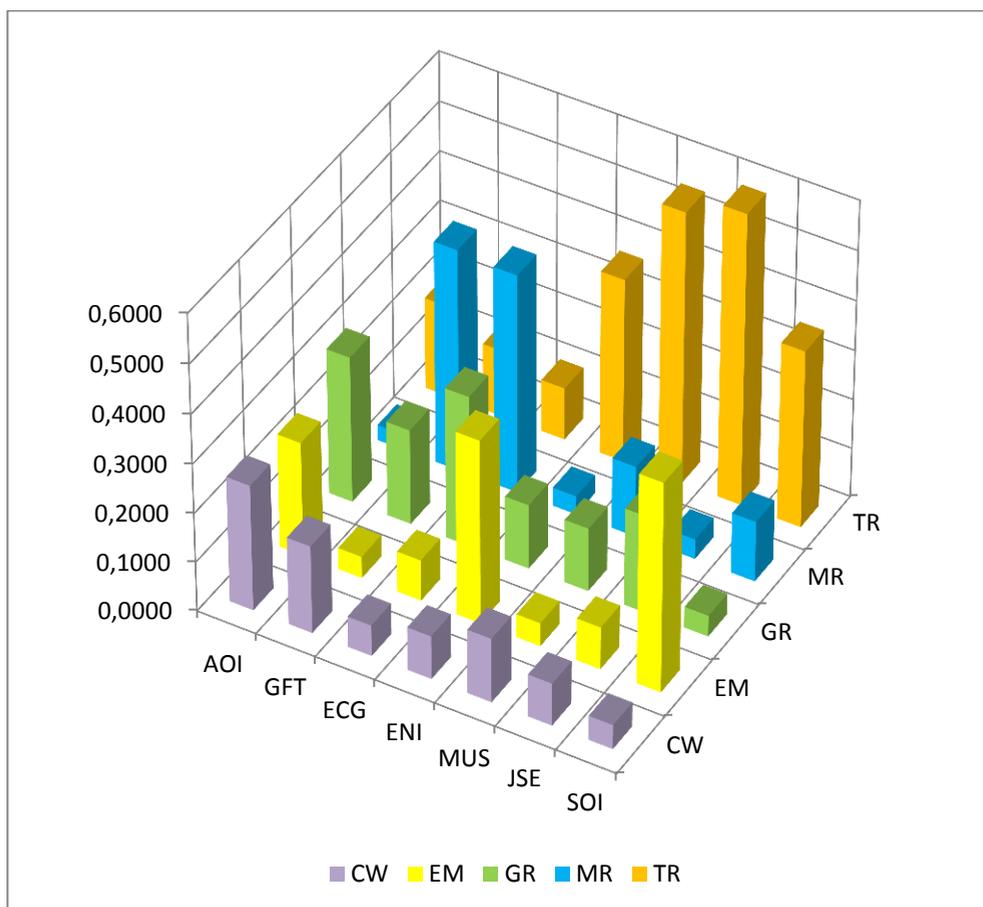


Figura 43 . Representación gráfica de la matriz de prioridades

La matriz DA, al ser multiplicada por el vector peso de criterios nos da las clasificación de las alternativas o vector de prioridad donde se destaca como mejor alternativa la Ruta Temática (RT).

$$\begin{bmatrix} 0,2554 & 0,1781 & 0,0627 & 0,0880 & 0,1305 & 0,0864 & 0,0496 \\ 0,2316 & 0,0438 & 0,0831 & 0,3727 & 0,0475 & 0,0861 & 0,4254 \\ 0,2960 & 0,1929 & 0,3059 & 0,1306 & 0,1287 & 0,1980 & 0,0427 \\ 0,0310 & 0,4496 & 0,4426 & 0,0374 & 0,1441 & 0,0404 & 0,1228 \\ 0,1861 & 0,1357 & 0,1057 & 0,3713 & 0,5492 & 0,5892 & 0,3596 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,0950 \\ 0,0832 \\ 0,2028 \\ 0,3874 \\ 0,1107 \\ 0,0449 \\ 0,0759 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1046 \\ 0,1518 \\ 0,2064 \\ 0,1659 \\ 0,3714 \end{bmatrix}$$

La prioridad global resultante del AHP se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 41. Prioridad global de las infraestructuras

Infraestructura alternativa	Prioridad (%)
CW (Cable teleférico)	10,46
EM (Museo Etnológico)	15,18
GR (Golf Resort)	20,64
MR (Embalse Multiusos)	16,59
TR (Ruta temática)	37,14

Y, gráficamente:

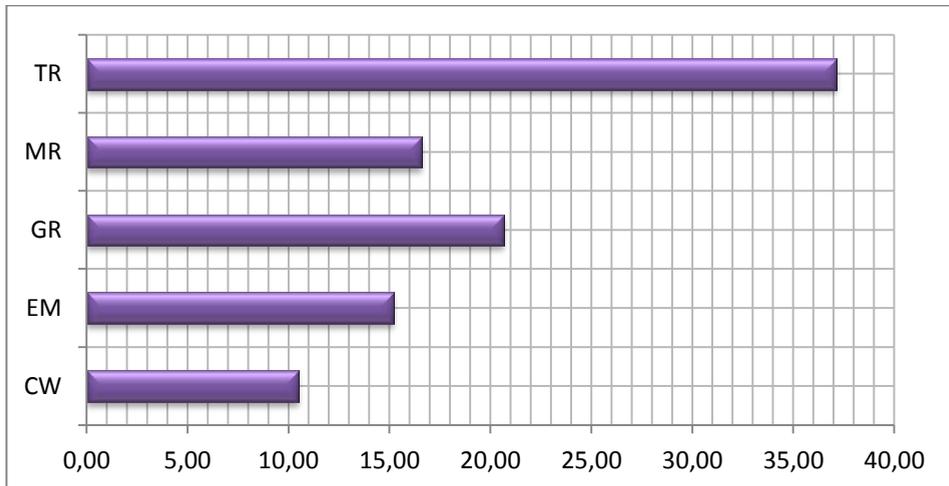


Fig. 44 . Prioridad global de las infraestructuras

Análisis de sensibilidad

Para comprobar la estabilidad de la selección en el AHP se estima interesante realizar un análisis de sensibilidad. Hace ya unos años que se afirmaba que el análisis del comportamiento de las aproximaciones multicriterio seguidas en la resolución de problemas complejos era uno de los tópicos que mayor interés estaba despertando en el campo de la decisión multicriterio (Moreno-Jiménez et al. 1998); en general se pueden seguir tres vías para contrastar la sensibilidad de las prioridades ante ligeras modificaciones de los juicios:

- (1) obtener expresiones matemáticas de las fluctuaciones;
- (2) utilizar métodos de simulación y
- (3) combinar las dos vías anteriores, en especial cuando no se puedan lograr expresiones cerradas para las fluctuaciones (Moreno-Jiménez et al. 1998)

El análisis de sensibilidad del AHP se realiza mediante la variación del vector peso de los criterios, analizando cuál es el efecto en el vector de prioridades de las alternativas. Así pues, analizaremos el efecto de la variación de los pesos relativos de los criterios para comprobar

- si se produce o no el cambio de la alternativa mejor situada, y
- cómo afecta dicha variación a la distancia en la preferencia entre la mejor valorada y la propuesta más próxima.

Así pues, la simulación de los resultados se efectúa para una variación relativa del 10 por 100 en más y en menos para cada criterio, calculando cuál es la alternativa mejor valorada en ambos casos, y también cuál ha sido el cambio en la separación de las preferencias entre la primera y la segunda alternativas en el ranking, sin importar si la alternativa que ocupa el segundo lugar se mantiene o ha cambiado.

Ello se traduce, a su vez, en la determinación de $2 \times 7 = 14$ cálculos del vector prioridad. En cada uno de los casos, el procedimiento es el siguiente:

- Se incrementa el peso calculado inicialmente para el criterio C_i en un 10%, (w_1 pasa a ser $1,1 * w_1$), y se normaliza el vector peso de criterios disminuyendo el peso de cada uno de los seis restantes proporcionalmente a su valor inicial.
- Se calcula el producto de la matriz DA (que no se ha modificado) por el nuevo vector w_i , y se obtiene el vector prioridad.
- Se reduce el peso calculado inicialmente para el criterio C_i en un 10%, (w_1 pasa a ser $0,9 * w_1$), y se normaliza el vector peso de criterios aumentando el peso de cada uno de los seis restantes proporcionalmente a su valor inicial.
- Se calcula el producto de la matriz DA (que no se ha modificado) por el nuevo vector w_i , y se obtiene el vector prioridad.

Así podemos formar la siguiente tabla que muestra variaciones en los pesos de los criterios (todas las filas suman 1,0000):

Tabla 42. Variación del peso de los criterios

		C1 (AOI)	C2 (GFT)	C3 (ECG)	C4 (ENI)	C5 (MUS)	C6 (JSE)	C7 (SOI)
Situación Inicial		0,0951	0,0833	0,2031	0,1110	0,0449	0,3862	0,0763
Simulación +/- 10 %	C1+	0,1046	0,0824	0,2010	0,1099	0,0444	0,3822	0,0755
	C1-	0,0856	0,0841	0,2053	0,1122	0,0454	0,3903	0,0771
	C2+	0,0942	0,0916	0,2013	0,1100	0,0445	0,3827	0,0756
	C2-	0,0960	0,0749	0,2050	0,1121	0,0453	0,3898	0,0770
	C3+	0,0927	0,0811	0,2234	0,1082	0,0437	0,3764	0,0744
	C3-	0,0975	0,0854	0,1828	0,1139	0,0460	0,3961	0,0783
	C4+	0,0939	0,0822	0,2006	0,1221	0,0443	0,3814	0,0754
	C4-	0,0963	0,0843	0,2057	0,0999	0,0454	0,3911	0,0773
	C5+	0,0946	0,0829	0,2022	0,1105	0,0494	0,3844	0,0760
	C5-	0,0955	0,0837	0,2041	0,1116	0,0404	0,3881	0,0767
	C6+	0,0891	0,0780	0,1903	0,1041	0,0421	0,4249	0,0715
	C6-	0,1011	0,0885	0,2159	0,1180	0,0477	0,3476	0,0811
	C7+	0,0943	0,0826	0,2014	0,1101	0,0445	0,3831	0,0840
	C7-	0,0959	0,0840	0,2048	0,1120	0,0453	0,3894	0,0687

Con los nuevos valores de los pesos de los criterios calculamos ahora los catorce vectores prioridad correspondientes, y obtenemos los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 43. Prioridad de las alternativas al variar los pesos de los criterios

		CW	EM	GR	MR	TR
Situación inicial		0,1046	0,1518	0,2064	0,1659	0,3714
Simulación +/-10%	C1+	0,1062	0,1526	0,2073	0,1644	0,3694
	C1-	0,1030	0,1510	0,2054	0,1673	0,3733
	C2+	0,1053	0,1508	0,2062	0,1684	0,3692
	C2-	0,1040	0,1528	0,2065	0,1633	0,3735
	C3+	0,1036	0,1500	0,2089	0,1729	0,3646
	C3-	0,1057	0,1535	0,2038	0,1588	0,3781
	C4+	0,1044	0,1546	0,2054	0,1643	0,3714
	C4-	0,1048	0,1490	0,2073	0,1675	0,3714
	C5+	0,1047	0,1513	0,2060	0,1658	0,3722
	C5-	0,1045	0,1523	0,2067	0,1660	0,3705
	C6+	0,1035	0,1477	0,2058	0,1580	0,3851
	C6-	0,1058	0,1559	0,2069	0,1738	0,3577
	C7+	0,1042	0,1541	0,2050	0,1655	0,3713
	C7-	0,1051	0,1495	0,2077	0,1662	0,3715

Y con ello determinamos:

- las dos alternativas mejor valoradas
- las valoraciones de dichas alternativas
- la diferencia entre las valoraciones de la primera y la segunda alternativas

Con cuyos resultados pretendemos averiguar:

1. Si el cambio en la valoración en más o en menos un 10 % de cada uno de los criterios provoca un cambio en la alternativa mejor situada.
2. En caso de no cambiar la mejor alternativa, si la que ocupa el segundo lugar en las preferencias se aproxima significativamente en su valoración a la primera, con independencia de que mantenga su identidad o no.

Lo cual nos proporcionará una medida de la estabilidad de la selección obtenida en el proceso. De la tabla anterior podemos entresacar los resultados que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 44. Mejor alternativa y su distancia al variar el peso de los criterios

Situación	Alternativa más valorada	Valoración de dicha alternativa (%)	Diferencia de Valoración 1ª y 2ª Alternativas (%)	
Inicial	TR	37,73	17,92	
Simulación +/- 10 %	C1+	TR	36,94	
	C1-	TR	37,33	
	C2+	TR	36,92	
	C2-	TR	37,35	
	C3+	TR	36,46	
	C3-	TR	37,81	
	C4+	TR	37,14	
	C4-	TR	37,14	
	C5+	TR	37,22	
	C5-	TR	37,05	
	C6+	TR	38,51	
	C6-	TR	35,77	15,08
	C7+	TR	37,13	16,63
	C7-	TR	37,15	16,38

En la que encontramos que:

- la alternativa mejor valorada no cambia y es, en todos los casos, la misma que la obtenida directamente en el proceso, TR.
- Las mayores variaciones de valoración en la prioridad de la mejor alternativa TR se producen:
 - para el aumento del 10 por 100 del criterio C6 (JSE), pasando del valor inicial, 37,73 %, al 38,51 %.
 - Para la disminución del 10 por 100 del mismo criterio C6 (JSE), pasando del valor inicial, 37,73 %, al 35.77 %.
- Las diferencias extremas de valoración entre la primera alternativa y la segunda se producen con el paso de un valor inicial de 16,50% al 17,92 % (aumento de 1,42 puntos) cuando se incrementa un 10% el criterio C6 (JSE) y a 15,08% (disminución de 1,42 puntos) cuando éste disminuye un 10%. Es decir, la segunda alternativa no se acerca a la primera apreciablemente (mantiene una diferencia superior a los 15 puntos porcentuales), por lo que se está lejos de poner en duda la identidad de la alternativa mejor valorada.
- Aunque no es relevante para el propósito de nuestro análisis, se significa que la segunda alternativa mejor

valorada tampoco cambia en estas oscilaciones de valoración de los criterios; lo cual, en todo caso, refuerza la demostración de la estabilidad del proceso.

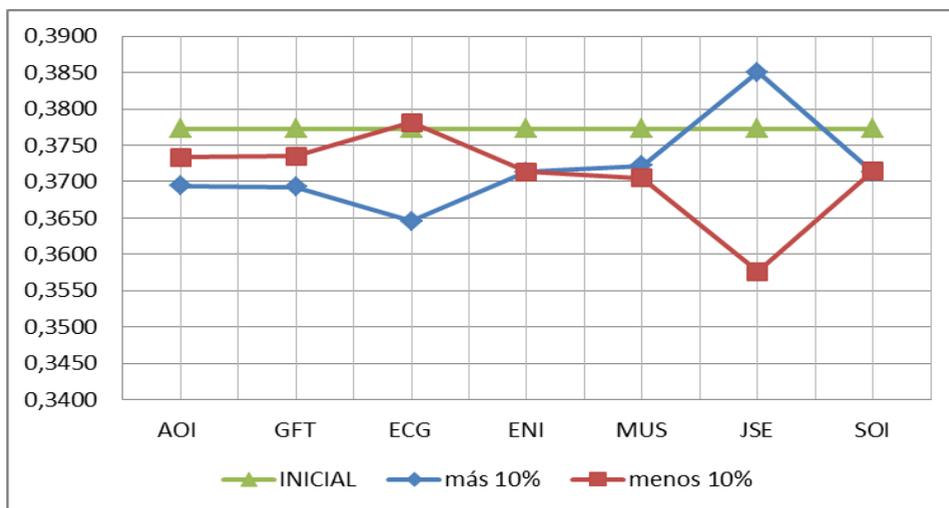


Fig.45. Valoración de mejor alternativa oscilando el peso de cada criterio

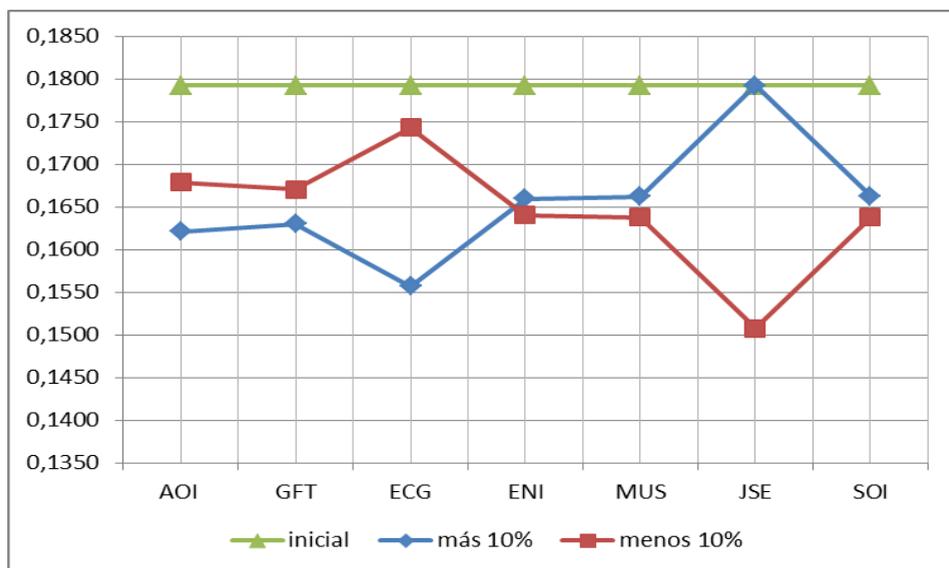


Fig. 46. Distancia de la mejor alternativa con las oscilaciones de los pesos de los criterios

4.3. Aplicación del método VIKOR.

Formamos en primer lugar la matriz de funciones criterio f_{ij} , traspuesta de evaluación de alternativas para cada criterio, y seleccionamos para cada fila (para cada criterio) el mejor (f^*) y el peor (f^V) de los valores f_i :

Tabla 45. Funciones Criterio. Mejor y peor de los valores f_i

	CW	EM	GR	MR	TR	f^*	f^V
AOI	0,2554	0,2316	0,2960	0,0310	0,1861	0,2960	0,0310
GFT	0,1781	0,0438	0,1929	0,4496	0,1357	0,4496	0,0438
ECG	0,0627	0,0831	0,3059	0,4426	0,1057	0,4426	0,0627
ENI	0,0880	0,3727	0,1306	0,0374	0,3713	0,3727	0,0374
MUS	0,1305	0,0475	0,1287	0,1441	0,5492	0,5492	0,0475
JSE	0,0864	0,0861	0,1980	0,0404	0,5892	0,5892	0,0404
SOI	0,0496	0,4254	0,0427	0,1228	0,3596	0,4254	0,0427

- Calculamos los valores S_j y R_j , $j = 1,2, \dots, J$, mediante las siguientes expresiones:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^V} \quad (11) \quad \text{y} \quad R_j = \max_i w_i \frac{f_i^* - x_{ij}}{f_i^* - f_i^V} \quad (12)$$

En las que w_i es el peso de los criterios (tabla 15):

Y obtenemos a continuación los valores

$$S^* = \min_j S_j \tag{13}$$

$$S^\nabla = \max_j S_j \tag{14}$$

$$R^* = \min_j R_j \tag{15}$$

$$R^\nabla = \max_j R_j \tag{16}$$

Las operaciones y resultados ordenados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 46. Valores S, R

	f *	f ∇	w _c	$w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^\nabla}$					TR
				CW	EM	GR	MR	TR	
AOI	0,2960	0,0310	0,0951	0,0146	0,0231	0,0000	0,0951	0,0394	
GFT	0,4496	0,0438	0,0833	0,0557	0,0833	0,0527	0,0000	0,0644	
ECG	0,4426	0,0627	0,2031	0,2031	0,1922	0,0731	0,0000	0,1801	
ENI	0,3727	0,0374	0,1110	0,0943	0,0000	0,0802	0,1110	0,0005	
MUS	0,5492	0,0475	0,0449	0,0375	0,0449	0,0376	0,0362	0,0000	
JSE	0,5892	0,0404	0,3862	0,3539	0,3541	0,2753	0,3862	0,0000	
SOI	0,4254	0,0427	0,0763	0,0750	0,0000	0,0763	0,0604	0,0131	
			S_j	0,8340	0,6976	0,5952	0,6890	0,2976	S[*] = 0,2976 S[∇] = 0,8340
			R_j	0,3539	0,3541	0,2753	0,3862	0,1801	R[*] = 0,1801 R[∇] = 0,3862

Con los cuales calculamos los valores Q_j, (j = 1, 2, ..., J), de acuerdo con la relación

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^\nabla - S^*} + (1 - v) \frac{R_j - R^*}{R^\nabla - R^*} \tag{17}$$

en la que se introduce v como un peso para la estrategia de máxima utilidad de grupo, siendo $(1-v)$ el peso de la pena individual. Esta estrategia es de consenso para $v = 0.5$, y su resultado se muestra en la Tabla 14.

Tabla 47. Valores Q

	CW	EM	GR	MR	TR		
Sj	0,8340	0,6976	0,5952	0,6890	0,2976	S* =	0,2976
Rj	0,3539	0,3541	0,2753	0,3862	0,1801	R* =	0,1801
Qj	0,9215	0,7948	0,5083	0,8648	0,0000	S ^v =	0,8340
						R ^v =	0,3862

Asignamos ahora a cada alternativa el número de orden que le corresponde según los valores S, R y Q:

Tabla 48. Número de orden de las alternativas según S, R, Q

	CW	EM	GR	MR	TR
Si	5	4	2	3	1
Ri	3	4	2	5	1
Qi	5	3	2	4	1

Y las ordenamos ahora siguiendo dicha numeración, lo que nos da la clasificación de las alternativas: Los resultados se muestran en las tres listas ordenadas de la Tabla 47.

Tabla 49. Clasificación de Alternativas según R, S, Q

Posición (orden de preferencia)	1	2	3	4	5
Según S	TR	GR	MR	EM	CW
Según R	TR	GR	CW	EM	MR
Según Q	TR	GR	EM	MR	CW

- La solución de compromiso (mínimum), llamada AQ(1), será la infraestructura mejor clasificada según el valor Q, si se cumplen las dos condiciones a y b siguientes:

- Condición de Ventaja Aceptable: La diferencia entre los valores de las dos infraestructuras mejor clasificadas

según Q, que identificaremos como AQ(1) and AQ(2) y que resultan ser la Ruta Temática (TR) y el Golf Resort (GR), deben satisfacer la condición

$$AQ(2) - AQ(1) \geq DQ \quad (18)$$

Donde

$$DQ = 1/(J - 1) \quad (19)$$

En nuestro caso,

$$AQ(1) = 0,0000 \quad \text{y} \quad AQ(2) = 0,5083$$

luego

$$AQ(2) - AQ(1) = 0,5083$$

Y por su parte, siendo $J = 5$, resulta

$$DQ = 1/(5 - 1) = 0,2500 \quad (20)$$

Por lo tanto, se cumple la condición.

- d. Condición de Estabilidad Aceptable en la decisión: La infraestructura mejor clasificada según Q debe también ser la mejor clasificada según S y/o según R.

$$AQ(1) \equiv AS(1) \quad \text{Y/O} \quad AQ(1) \equiv AR(1)$$

En nuestro caso, tenemos:

$$AQ(1) \equiv AS(1) \equiv AR(1) \equiv \mathbf{TR}$$

Por lo que esta condición también se cumple. Por lo tanto, la infraestructura compromiso -la Ruta Temática (TR)- es estable en el proceso de decisión.

Los resultados VIKOR se muestran gráficamente en la Figura 47.

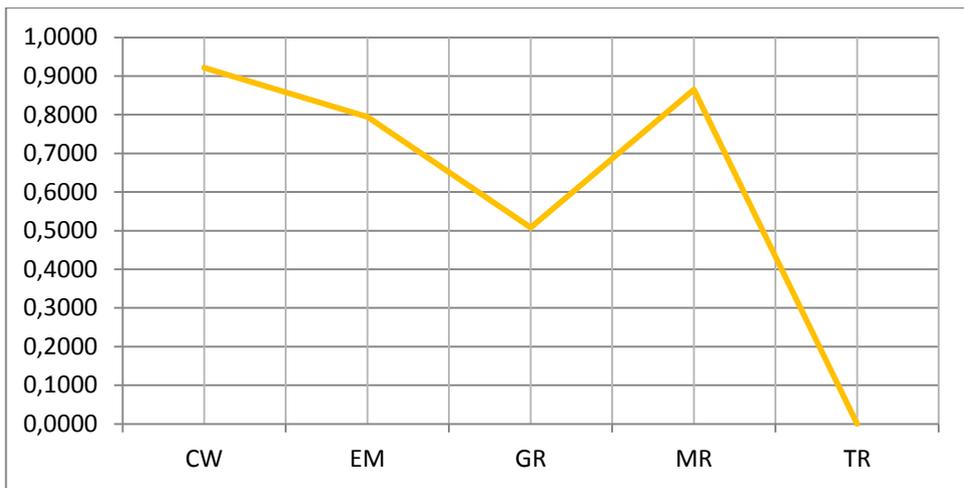


Fig.50. Resultados VIKOR. Valores Q de las alternativas

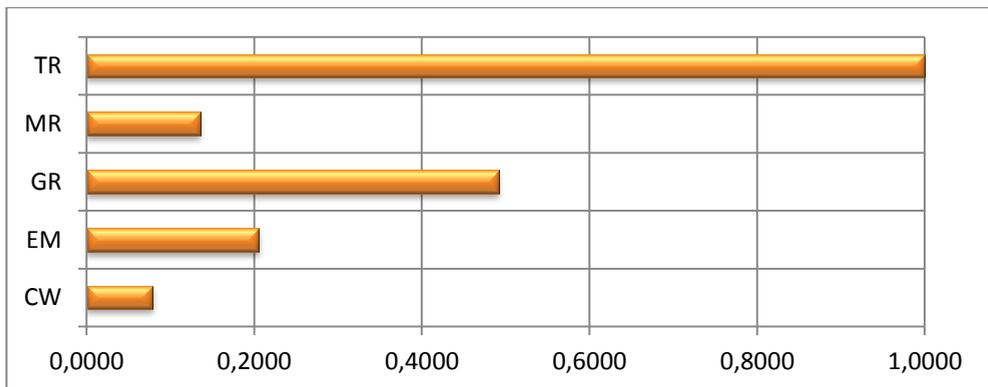


Fig.48. Gráfico de preferencias VIKOR de alternativas

Oscilación del factor ν

Después de verificar la coherencia de los resultados AHP-VIKOR en hipótesis de consenso ($\nu = 0,5$), y puesto que el orden o valoración de las alternativas depende del valor de ν en la expresión de Q, se estima interesante analizar las prioridades resultantes de su variación desde $\nu = 0,1$ a $\nu = 1,0$. Así, tenemos el siguiente cuadro o tabla de valores Q:

Tabla 50. Valores Q para cada alternativa según el valor de ν

ν	CW	EM	GR	MR	TR
0,1	0,8587	0,8341	0,4711	0,9730	0,0000
0,2	0,8744	0,8243	0,4804	0,9459	0,0000
0,3	0,8901	0,8144	0,4897	0,9189	0,0000
0,4	0,9058	0,8046	0,4990	0,8919	0,0000
0,5	0,9215	0,7948	0,5083	0,8648	0,0000
0,6	0,9372	0,7849	0,5176	0,8378	0,0000
0,7	0,9529	0,7751	0,5269	0,8108	0,0000
0,8	0,9686	0,7653	0,5362	0,7837	0,0000
0,9	0,9843	0,7554	0,5455	0,7567	0,0000
1,0	1,0000	0,7456	0,5548	0,7296	0,0000

La representación gráfica de los valores Q calculados para cada alternativa se muestra para cada valor de ν en los gráficos siguientes:

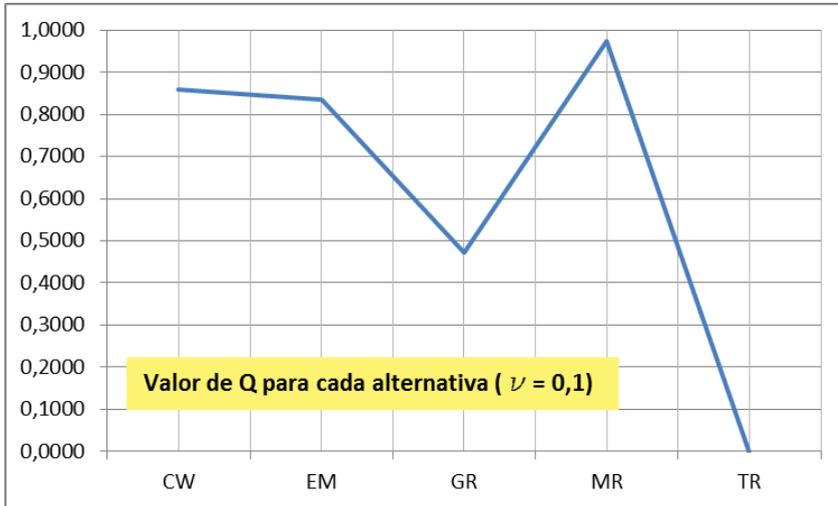


Fig.49. Valores Q para $\nu=0,1$



Fig.50. Valores Q para $\nu=0,2$

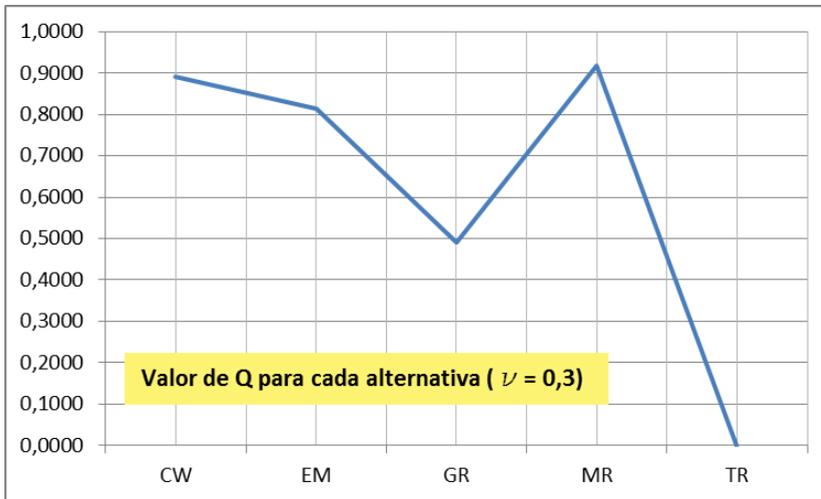


Fig.51. Valores Q para $\nu = 0,3$

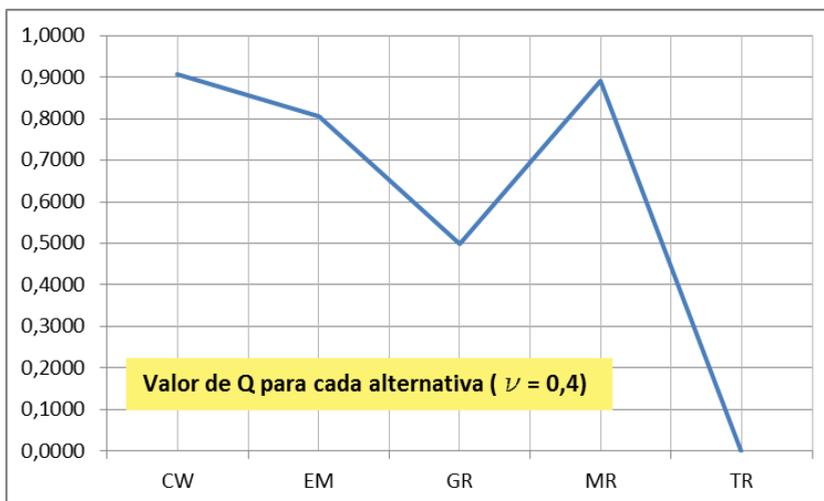


Fig.52. Valores Q para $\nu = 0,4$

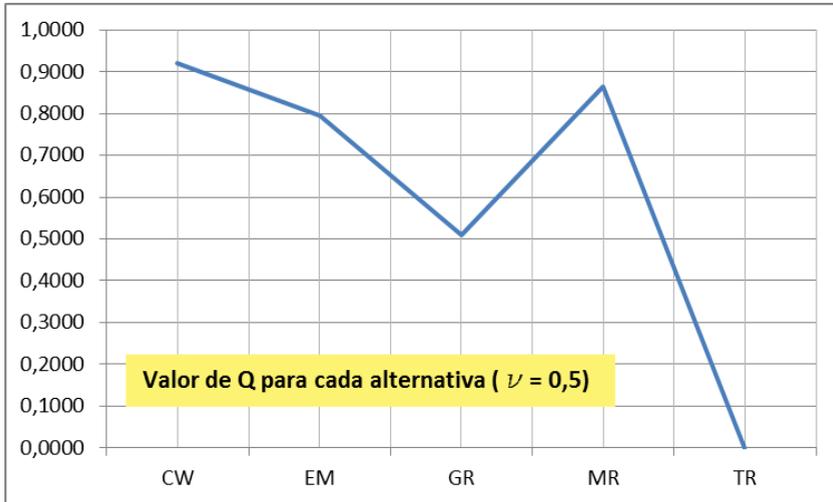


Fig.53. Valores Q para $\nu = 0,5$

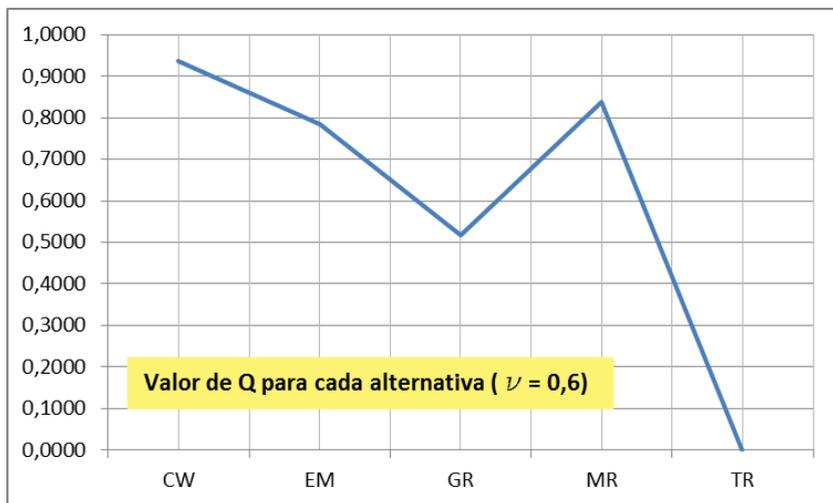


Fig.54. Valores Q para $\nu = 0,6$

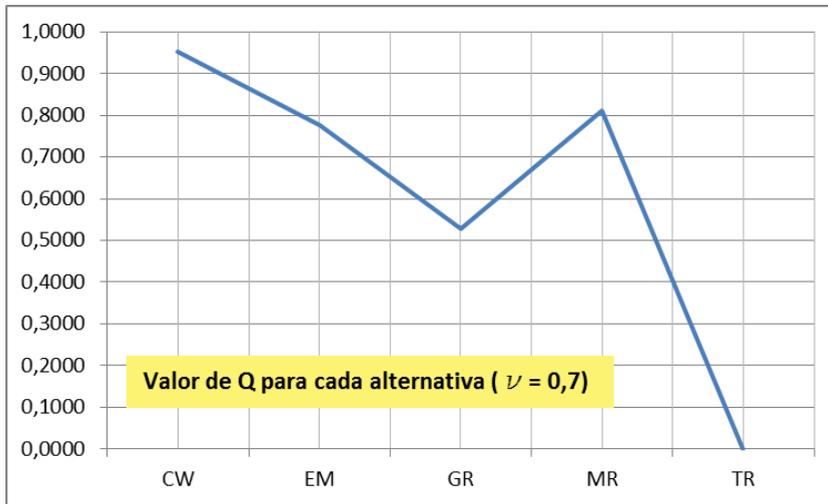


Fig.55. Valores Q para $\nu = 0,7$

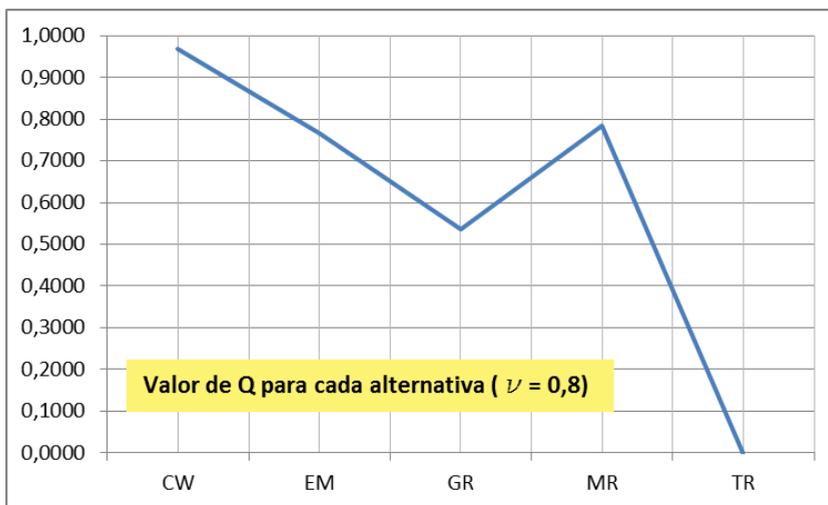


Fig.56. Valores Q para $\nu = 0,8$

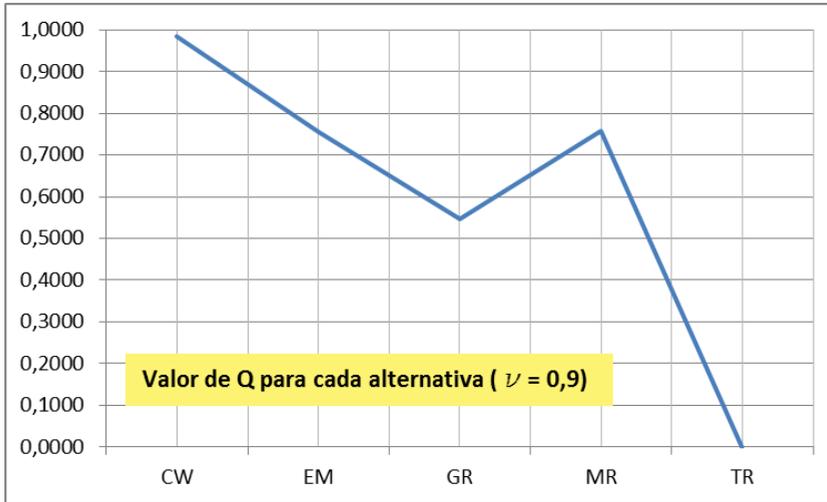


Fig.57. Valores Q para $\nu = 0,9$

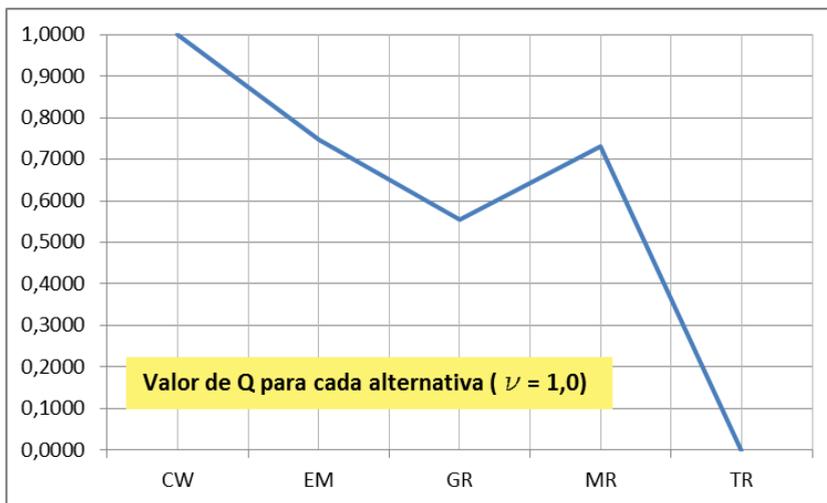


Fig.58. Valores Q para $\nu = 1,0$

Y, para poder comparar tales valores de Q , el gráfico siguiente muestra todas las gráficas anteriores juntas:

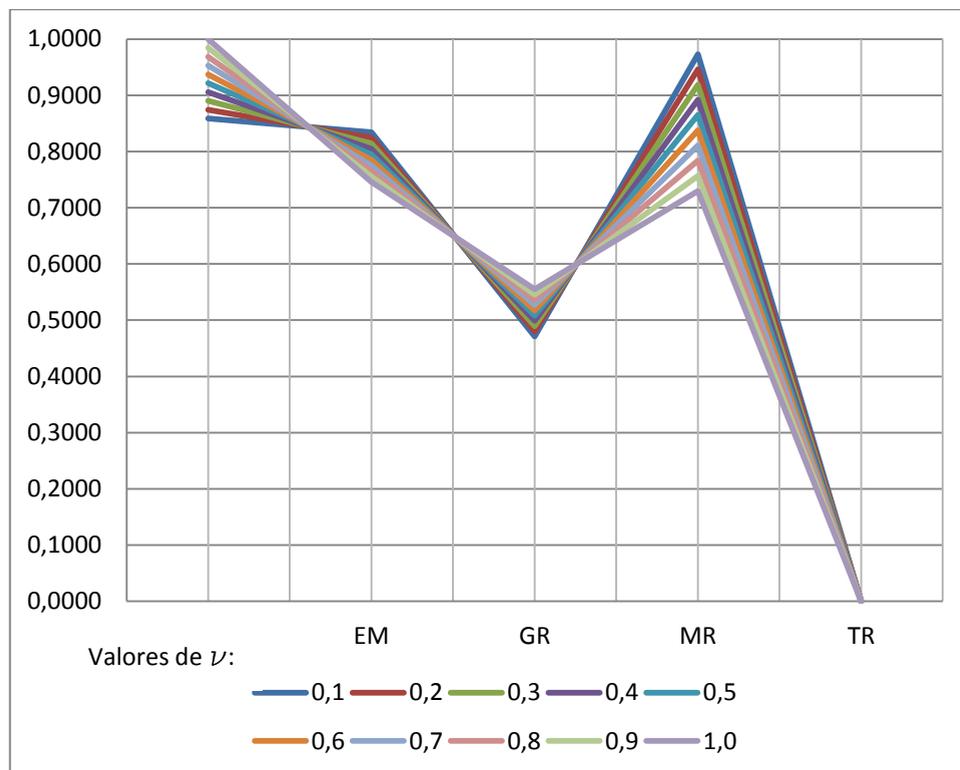


Fig. 59. Comparativa de valores Q superpuestos variando ν desde 0,1 a 1,0

Se comprueba que la solución óptima en consenso sigue siendo la óptima en todas las demás hipótesis, incluso las extremas ($\nu = 0,1$ y $\nu = 1,0$).

Comprobaremos ahora el cumplimiento de la condición de ventaja aceptable con la variación de ν :

Tabla 51.- Valores Q de cada alternativa variando ν de 0,1 a 1,0.

ν	CW	EM	GR	MR	TR	QA(1)	QA(2)	QA(2)-QA(1)	¿QA(2)-QA(1) > DQ (0,2500)?
0,1	0,8506	0,8238	0,4947	0,9695	0,0000	0,0000	0,4947	0,4947	SI
0,2	0,8672	0,8120	0,5198	0,9390	0,0000	0,0000	0,5198	0,5198	SI
0,3	0,8838	0,8003	0,5449	0,9085	0,0000	0,0000	0,5449	0,5449	SI
0,4	0,9004	0,7886	0,5700	0,8781	0,0000	0,0000	0,5700	0,5700	SI
0,5	0,9170	0,7768	0,5951	0,8476	0,0000	0,0000	0,5951	0,5951	SI
0,6	0,9336	0,7651	0,6202	0,8171	0,0000	0,0000	0,6202	0,6202	SI
0,7	0,9502	0,7533	0,6453	0,7866	0,0000	0,0000	0,6453	0,6453	SI
0,8	0,9668	0,7416	0,6704	0,7561	0,0000	0,0000	0,6704	0,6704	SI
0,9	0,9834	0,7299	0,6955	0,7256	0,0000	0,0000	0,6955	0,6955	SI
1,0	1,0000	0,7181	0,7206	0,6952	0,0000	0,0000	0,6952	0,6952	SI

En amarillo, QA(1); en azul, QA(2)

Cuya representación gráfica nos muestra la figura siguiente:

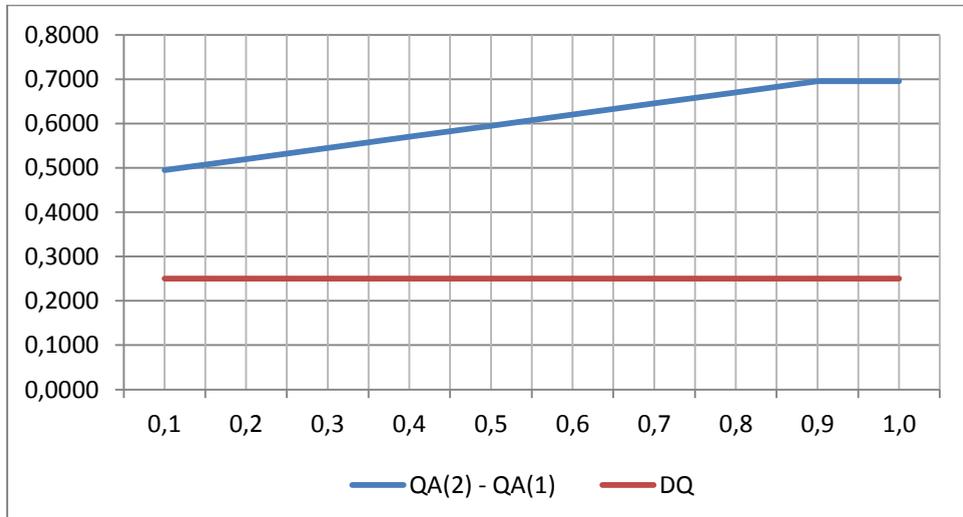


Fig. 60. Condición de ventaja aceptable para los distintos valores de ν (de 0.1 a 1.0)

Y observamos que, si el valor en consenso ($\nu = 0.5$) es

$$QA(2) - QA(1) = 0,5951 > DQ (0,2500),$$

el valor más crítico de dicha diferencia se produce para $\nu = 0,1$, siendo

$$QA(2) - QA(1) = 0,4947$$

valor que prácticamente duplica el valor límite inferior DQ (0,2500) que asegura la ventaja aceptable.

Se cumple también para todo valor de ν la **condición de estabilidad aceptable**, pues en todos los casos, la alternativa mejor valorada según R, S, Q, es la misma (TR).

$$\forall \nu, \quad A1(R) \equiv A1(S) \equiv A1(Q) \equiv TR$$

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Una propuesta amplia y repetidamente recomendada para el impulso económico de una región en distintos y prestigiosos foros y cumbres económicas como el G-20 y en numerosos trabajos académicos es la inversión en infraestructuras, que deben ser las adecuadas para la realidad particular de la región y de su potencial desarrollo. Condición inseparable de dicha infraestructura es su carácter sostenible, lo que exige que el impulso que se pretende debe abarcar el aspecto económico, el medioambiental y el de la equidad social. Pero además, frente a la elección de una infraestructura por parte de los decisores políticos que pueda estar basada en criterios subjetivos o de beneficio electoral, esta tesis muestra que es posible aplicar un método de selección objetiva basada en la consideración matemática de los juicios de un panel de expertos.

El método propuesto en esta tesis para la selección de la infraestructura más adecuada para el desarrollo económico regional sostenible es un híbrido basado en el método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP), Delphi y VIKOR.

Para la región en estudio, la previa selección de alternativas como síntesis de las propuestas de los expertos ha resultado homogénea con respecto al ámbito económico - turismo de interior, cultural y de ocio – propuesto para alcanzar el objetivo:

- **Cable Teleférico (CW)**
- **Museo Etnológico (EM)**
- **Golf Resort (GR)**
- **Embalse Multiusos (MR)**
- **Ruta Temática (TR)**

En cuanto a los criterios, necesariamente relacionados con la sostenibilidad, los expertos confirman siete, pertenecientes a las tres patas de la misma:

- | | |
|------------------------|---|
| Pata Económica | <ul style="list-style-type: none">• Importe de la Inversión (AOI)• Subvenc. y Condic. de Financiación (GFT)• Rendimiento o Desarr. Económico (ECG) |
| Pata Medioambiental | <ul style="list-style-type: none">• Impacto Ambiental (ENI) |
| Pata de Equidad Social | <ul style="list-style-type: none">• Sostenibilidad de los Municipios (MUS)• Empleo y Equidad Social (JSE)• Impacto Social (SOI) |

El resultado de la consulta y su tratamiento matemático ponen de manifiesto que los expertos han valorado más el criterio JSE, es decir, la creación de puestos de trabajo y la equidad social, al que han atribuido un peso de 0,3862; y en segundo lugar, el criterio ECG, es decir, el rendimiento económico o beneficio monetario, con un peso de 0,2031. A distancia significativa están los otros cinco criterios, atribuyendo la menor valoración al criterio de la sostenibilidad de los municipios, es decir, el número de municipios directamente beneficiados, con un 0,0449, probablemente debido a que se ha estimado positivamente la fluida interrelación ya existente entre los municipios de la comarca.

El método AHP ha calculado una alta consistencia en las evaluaciones de los expertos, por lo que puede atribuirse una elevada fiabilidad a la valoración.

La infraestructura mejor valorada por los expertos en el cálculo global de prioridades en el AHP es la Ruta Temática (TR), con una prioridad de 0,3714 y una notable diferencia con la segunda mejor alternativa, para la que resulta una prioridad de 0,2064; lo que significa que se trata de una selección clara y definida, que no da lugar a dudas generadas por proximidad en la valoración.

Esta afirmación se ve contrastada y confirmada por el análisis de sensibilidad, pues una variación del 10 por 100 en más y en menos del peso de cada uno de los criterios no se traduce apenas en una variación de las valoraciones; y en ninguna en cuanto a la posición de las prioridades, siendo insignificante la variación que resulta en la diferencia entre la infraestructura mejor valorada y la siguiente.

Esta elección es confirmada por el método VIKOR, que tiene su propio mecanismo de control y selecciona también la Ruta Temática (RT) con una "ventaja aceptable" sobre la segunda alternativa en hipótesis de consenso. Para evaluar la solidez de la elección VIKOR, se han hallado los resultados para los distintos valores posibles de ν , entre 0,1 y 1,0; en este recorrido de valores del coeficiente alejándonos paso a paso del consenso ($\nu = 0,5$) tanto como se puede en un sentido y en el opuesto, los resultados muestran que se mantiene estable la infraestructura considerada como óptima, sin que se presenten situaciones críticas o de amenaza de cambio, pues se mantiene la condición de ventaja aceptable.

En la presente tesis se ha aplicado la metodología híbrida AHP – Delphi - VIKOR, comprobando su utilidad como herramienta en la evaluación de infraestructuras alternativas y la selección de la mejor valorada para el impulso económico sostenible de una región, y ha permitido adoptar la decisión de proponer como

infraestructura óptima para el caso de la comarca de La Costera una Ruta Temática. Esta selección a nivel genérico es un primer escalón, que permite que los esfuerzos de planificación y financiación se centren en el segundo escalón de definición, esto es: cuál es la infraestructura concreta y cuál su ubicación.

Como líneas futuras de investigación, y puesto que el método es aplicable a cualquier región se proponen varios caminos:

- El de aplicar el método al desarrollo de un municipio en concreto.
- El de la aplicación del método a otras comarcas o grupo de ellas que, en correspondencia de la ETCV, se consideren adecuadas para ser impulsadas por una determinada infraestructura, lo cual podría suponer un escalón de desarrollo de dicho documento.
- El de aplicar el método a ámbitos o regiones de mayor extensión con idéntico objetivo.

CAPÍTULO 6

REFERENCIAS

- Adimassu Z, Kessler A, Stroosnijder L. 2013. Exploring coinvestments in sustainable land management in the Central Rift Valley of Ethiopia. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 20:32–44.
- Al-Harbi K. 2001. Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*. 19(1):19-27.
- Amador-Jiménez L, Willis CJ. 2012. Demonstrating a correlation between infrastructure and national development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 19:197–202.
- Arciniegas G, Janssen R. 2012. Spatial decision support for collaborative land use planning workshops. *Landscape and Urban Planning*. 107:332–342.
- Aschauer DA. 1989. Public investment and productivity growth in the Group of Seven. *Economic Perspectives*. 13(5): 17-25.
- Boukas N, Boustras G, Sinka A. 2011. Golf tourism development in Cyprus: opportunities and challenge. *Proceedings of the International Conference on Tourism - Tourism in an Era of Uncertainty*. Rhodes Island: International Association for Tourism Policy.
- Boscá JE, Escribá J, Murgui MJ. 2011. La efectividad de la inversión en infraestructuras públicas: una panorámica para la economía española y sus regiones. *Investigaciones Regionales*. 20: 195-217.

- Brida JG, Deidda M, Pulina M. 2014. Tourism and transport systems in mountain environments: analysis of the economic efficiency of cableways in South Tyrol. *Journal of Transport Geography*. 36:1–11.
- Bryan J, Munday M, Bevins R. 2012. Developing a framework for assessing the socioeconomic impacts of museums: the regional value of the 'Flexible Museum'. *Urban Studies*. 49:133–151.
- Canto-Perello J, Curiel-Esparza J, Calvo V. 2013. Criticality and threat analysis on utility tunnels for planning security policies of utilities in urban underground space. *Expert Systems with Applications*. 40:4707–4714.
- Castells A, Solé-Ollé A. 2005. The regional allocation of infrastructure investment: the role of equity, efficiency and political factors. *European Economic Review*. 49:1165–1205.
- Cavallaro F, Ciruolo L. 2005. A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian island. *Energy Policy*. 33:235–244.
- Cengiz T, Akbulak C. 2009. Application of Analytical Hierarchy Process and geographic information systems in land-use suitability evaluation: a case study of Dümrek village (Çanakkale, Turkey). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 16:286–294.

- Chang YC, Hsu CJ, Williams G, Pan ML. 2008. Low cost carriers' destination selection using a Delphi method. *Tourism Management*. 29:898–908.
- Chen SJ, Hwang CL, Hwang FP. 1992. Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*.
- Chow TE, Sadler R. 2010. The consensus of local stakeholders and outside experts in suitability modeling for future camp development. *Landscape and Urban Planning*. 94:9–19.
- Chiu WY, Tzeng GH, Li HL. 2013. A new hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR to improve e-store business. *Knowledge-Based Systems*, 37:48-61.
- Csapo J. 2012. The role and importance of cultural tourism in modern tourism industry: strategies for tourism industry – micro and macro perspectives. Rijeka: INTECH Open Access Publisher.
- Curiel-Esparza J, Canto-Perello J. 2012. Understanding the major drivers for implementation of municipal sustainable policies in underground space. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 19:506–514.
- Curiel-Esparza J, Canto-Perello J. 2013. Selecting utilities placement techniques in urban underground engineering. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 13:276–285.

- Dalkey N, Helmer O. 1963. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*. 9(3):458-467.
- Dalkey NC, Brown BB, Cochran S. 1969. The Delphi method: An experimental study of group opinion. 3. Santa Monica, CA: Rand Corporation.
- Debnath D, Boyer T, Stoecker A, Sanders L. 2013. Nonlinear reservoir optimization model with stochastic inflows: a case study of Lake Tenkiller. *Journal of Water Resources Planning and Management*.
- Deng H, Liu T, Zhao J. 2011. Strategic measures for an integrated approach to sustainable development in Lijiang city. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 18:559-562.
- Dong Y, Zhang G, Hong WC, Xu Y. 2010. Consensus models for AHP group decision making under row geometric mean prioritization method. *Decision Support Systems*. 49:281-289.
- Douglas AJ, Harpman DA. 1995. Estimating recreation employment effects with IMPLAN for the Glen Canyon Dam Region. *Journal of Environmental Management*. 44:233-247.
- Efstratiadis A, Hadjibiros K. 2011. Can an environment-friendly management policy improve the overall performance of an artificial lake? Analysis of a multipurpose dam in Greece. *Environmental Science & Policy*. 14:1151-1162.

European Commission. 2006 October. Directorate-General for Education and Culture. The Economy of Culture in Europe.

Fallahpour AR, Moghassem AR. 2012. Evaluating applicability of VIKOR method of multi-criteria decision making for parameters selection problem in rotor spinning. *Fibers and Polymers*. 13:802–808.

Farinós J, Olcina J, Rico AM, Rodríguez C, Romero L, Espejo C, Vera JF. 2005. Planes estratégicos territoriales de carácter supramunicipal. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 39:117-149

Figuerola U. 1989. *Manual de organismos internacionales*. Editorial Jurídica de Chile.

Fonseca S, Rebelo J. 2010. Economic valuation of cultural heritage: application to a museum located in the Alto Douro Wine Region – world heritage site. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*. 8:339–350.

Forman E, Peniwati K. 1998. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 108:165–169.

Fourie J. 2006. Economic infrastructure: a review of definitions, theory and empirics. *South African Journal of Economics* 74:3:550-556

G20 (Group of Twenty). 2010. The G20 Seoul Summit Leaders' Declaration. 3.

- G20 (Group of Twenty). 2012. Los Cabos Summit Leaders' Declaration. 1.
- G20 (Group of Twenty). 2013. Leaders' declaration Saint Petersburg Summit. 11.
- G20 (Group of Twenty). 2014. Leaders' declaration Brisbane Summit. 11
- Gazley C. 2010. A slice of tourism: the nature, dimensions and geographies of international golf tourism in New Zealand. Wellington: Victoria University.
- Haider M, Crowley D, DiFrancesco R. 2013. Investing in Ontario's infrastructure for economic growth and prosperity.
- Ibret BU, Aydinozu D, Bastemur C. 2013. A geographic study on the effects of coastal tourism on sustainable development: coastal tourism in Cide. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 20:134–141.
- Jefatura del Estado. 1956. Ley de Regulación y Uso del Suelo y Ordenación Urbana. *Boletín Oficial del Estado*. 135: 3106-3134.
- Kang D, Park Y. 2014. Review-based measurement of customer satisfaction in mobile service: sentiment analysis and VIKOR approach. *Expert Systems with Applications*. 41:1041–1050.

- Kaya T, Kahraman C. 2010. Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: the case of Istanbul. *Energy*. 35:2517–2527.
- Kutut V, Zavadskas EK, Lazauskas M. 2014. Assessment of priority alternatives for preservation of historic buildings using model based on ARAS and AHP methods. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 14:287–294.
- Landeta J. 1999. El método Delphi. Una Técnica de previsión para la incertidumbre. Ariel. Barcelona
- Landeta J, Barrutia J, Lertxundi A. 2011. Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. *Technological Forecasting and Social Change*. 78(9):1629-1641.
- Larson EK, Perrings C. 2013. The value of water-related amenities in an arid city: the case of the Phoenix metropolitan area. *Landscape and Urban Planning*. 109:45–55.
- Lin JY, Doemeland D. 2012. Beyond Keynesianism: Global infrastructure investments in times of crisis. *Journal of International Commerce, Economics and Policy*. 3. 3
- Linstone H, Turoff M. 1975. The Delphi Method. Techniques and Applications, Addison-Wesley. p.3
- Liou JJH, Tsai C, Lin R, Tzeng G. 2011. A modified VIKOR multiple criteria decision method for improving domestic airlines

service quality. *Journal of Air Transport Management*. 17:57–61.

Mayer M, 2009. Innovation as a success factor in tourism: empirical evidence from western Austrian cable-car companies. *Erdkunde*: 63:123-139

Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Júcar. 2000. Plan Global Frente a Inundaciones en la Ribera del Júcar: Propuesta de Actuación. 19-22

Mishra S, Khasnabis S, Swain S. 2013. Multi-entity perspective transportation infrastructure investment decision making. *Transport Policy*. 30:1-12.

Mladenovic MN, Abbas M, McPherson T. 2014. Development of socially sustainable traffic-control principles for self-driving vehicles: the ethics of anthropocentric design. *The IEEE International Symposium on Ethics in Engineering, Science, and Technology*; 2014 May 23–24; Chicago, IL. IEEE.

Moreno-Jiménez JM, Aguarón-Joven J, Cano-Sevilla F, Escobar-Urmenet MT. 1998. Validez, robustez y estabilidad en decisión multicriterio. Análisis de sensibilidad en el Proceso analítico Jerárquico. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 92. 4:387-397.

Nagy K. 2012. Heritage tourism, thematic routes and possibilities for innovation. *Theory Methodol Pract*. 8:46–53.

- Najam A, Cleveland CJ. 2004. World environment summits: The role of energy. *Encyclopedia of Energy*. 6:539-548.
- Neo H. 2001. Sustaining the unsustainable? Golf in urban Singapore. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 8:191-202.
- Nickolds G. 2004. Reservoirs as leisure resources and their value. *Proceedings of the ICE-Municipal Engineer*. 157:97-101.
- Opricovic S. 1979. An extension of compromise programming to the solution of dynamic multicriterio problems. *The 9th IFIP Conference on Optimization Techniques*; 1979 Sep 4-8; Warsaw.
- Opricovic S, Tzeng G. 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*. 178:514-529.
- Pestana C, Butler R, Correia A. 2010. The length of stay of golf tourism: A survival analysis. *Tourism Management*, 31:13-21
- Pisani C, Villacci D. 2011. A novel AHP framework for decision making in power systems sustainable development. *21st International Conference on Electricity Distribution*; Frankfurt, June 6-9; Paper 0954.
- Precedo A. 2004. El modelo de desarrollo comarcal. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 38: 29-45

- Precedo A, Revilla A, Míguez A. 2007. El turismo cultural como factor estratégico de desarrollo: el camino de Santiago. *Estudios Geográficos*. 68, 262:205-234.
- Rowe G, Wright G. 2011. The Delphi technique: Past, present, and future prospects - Introduction to the special issue. *Technological Forecasting & Social Change*. 78 (9):1487-1490.
- Saaty TL. 1980. *The analytic hierarchy process*. New York (NY): Editorial McGraw-Hill.
- Saaty TL. 2001. *Decision making with dependence & feedback: the analytic network process*. RWS Publications, Pittsburgh, USA.
- Saaty TL. 2012. *Decision making for leaders. the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*. Pittsburg (CA): RWS Publications.
- Sánchez LE, Croal P. 2012. Environmental impact assessment, from Rio-92 to Rio+20 and beyond. *Ambiente & Sociedade*. 15(3): 41-54.
- Shen KY, Kou XJ. 2013. Environmental protection and sustainable development of golf. *Advanced Materials Research*. 726-731:4069-4072.
- Snieska V, Simkunaite I. 2009. Socioeconomic impact of infrastructure investments. *Inzinerine Ekonomica - Engineering Economics*. 3:16-25.

- Solé-Ollé A, Sorribas-Navarro P. 2008. The effects of partisan alignment on the allocation of intergovernmental transfers. Differences-in-differences estimates for Spain. *Journal of Public Economics*. 92:2302–2319.
- Statnikov RB, Bordetsky A, Statnikov, A. 2005. Multi-criteria analysis of real-life engineering optimization problems: statement & solution. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications* 63: 685-696.
- Sutcliffe B. 1993. Desarrollo humano. Una valoración crítica del concepto y del índice. *Cuadernos de Trabajo de HEGOA*. 11.
- Tanner RA, Gange AC. 2005. Effects of golf courses on local biodiversity. *Landscape and Urban Planning*. 71:137–146.
- Tavakkoli-Moghaddam R, Mousavi SM. 2011. An integrated AHP-VIKOR methodology for plan location selection. *Research note. International Journal of Engineering Transactions B: Applications*. 24:127–137.
- Težak S, Zelenika R, Sever D. 2011. Model of sustainable growth and development of the cableway transport system in Slovenia. *Promet*. 23:253–264.
- Tsoutsos T, Drandaki M, Frantzeskaki N, Iosifidis E, Kiosses I. 2009. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy*. 37:1587–1600.

- Uyan M. 2013. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/ Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 28:11–17.
- Vaz E, Nijkamp P, Painho M, Caetano M. 2012. A multiscenario forecast of urban change: a study on urban growth in the Algarve. *Landscape and Urban Planning*. 104:201–211.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press. Oxford.
- Wu WH, Chiang C, Lin C. 2008. Comparing the aggregation methods in the analytic hierarchy process when uniform distribution. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 5:82–87.
- Xiang WN, Stuber RMB, Meng X. 2011. Meeting critical challenges and striving for urban sustainability in China. *Landscape and Urban Planning*. 100:418–420.
- Yu PL. 1973. A class of solutions for Group Decision Problems. *Management Science*. 19 (8):936-946.
- Yürüdür E, Dicle M. 2011. Settlements – natural environment relationships and tourism potential in Çamiçi (Tokat – Turkey). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 19:208–215.
- Zavadskas EK, Turskis Z, Tamosaitiene J. 2011. Selection of construction enterprises management strategy based on the

SWOT and multi-criteria analysis. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 11:1063–1082.

Zeleny M. 1973. *Compromise Programming. Multiple Criteria Decision Making*. University of South Carolina Press, Columbia.

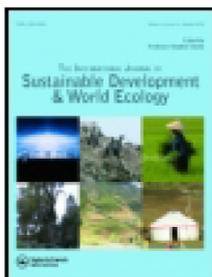
Zhang SX, Pramanik N, Buurman J. 2013. Exploring an innovative design for sustainable urban water management and energy conservation. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 20:442–454.

Zolfani SH, Aghdaie MH, Derakhti A, Zavadskas EK, Varzandeh MHM. 2013. Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert Systems with Applications*. 40:7111–7121.

ANEXO

ARTÍCULO PUBLICADO

This article was downloaded by: [Professor Jorge Curiel-Esparza]
On: 03 September 2014, At: 13:05
Publisher: Taylor & Francis
Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



International Journal of Sustainable Development & World Ecology

Publication details, including instructions for authors and subscription information:
<http://www.tandfonline.com/loi/tsdw20>

Optimal infrastructure selection to boost regional sustainable economy

Manuel Martin-Utrillas^a, Francisco Juan-Garcia^b, Julian Canto-Perello^c & Jorge Curiel-Esparza^a

^a Physical Technologies Center, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain

^b Doctoral School, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain

^c Department of Construction Engineering and Civil Engineering Projects, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain

Published online: 01 Sep 2014.

To cite this article: Manuel Martin-Utrillas, Francisco Juan-Garcia, Julian Canto-Perello & Jorge Curiel-Esparza (2014): Optimal infrastructure selection to boost regional sustainable economy, International Journal of Sustainable Development & World Ecology, DOI: [10.1080/13504509.2014.954023](https://doi.org/10.1080/13504509.2014.954023)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.954023>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Taylor & Francis makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in the publications on our platform. However, Taylor & Francis, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Any opinions and views expressed in this publication are the opinions and views of the authors, and are not the views of or endorsed by Taylor & Francis. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. Taylor and Francis shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content.

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. Terms & Conditions of access and use can be found at <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

Optimal infrastructure selection to boost regional sustainable economy

Manuel Martín-Utrillas^a, Francisco Juan-García^b, Julian Canto-Perello^c and Jorge Curiel-Esparza^{a*}

^aPhysical Technologies Center, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain; ^bDoctoral School, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain; ^cDepartment of Construction Engineering and Civil Engineering Projects, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain

The role of infrastructures in boosting the economic growth of the regions is widely recognized. In many cases, an infrastructure is selected by subjective reasons. Selection of the optimal infrastructure for sustainable economic development of a region should be based on objective and founded reasons, not only economical, but also environmental and social. In this paper is developed such selection through a hybrid method based on Delphi, analytical hierarchy process (AHP), and VIKOR (from Serbian, VišeKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). To do this, a panel of experts assesses both the infrastructures and the drivers for their selection. The method lets us to verify the consistency of answers from experts. In our case, AHP obtains preference values for each infrastructure using the eigenvector method. Meanwhile, the VIKOR method evaluates whether the proposed is the one that best fits the prevailing view, minimizing the regret to the most separate opinions. Thus, for La Costera (Spain), the region under study, this research work concludes that the thematic route is the optimal infrastructure.

Keywords: optimal infrastructure; sustainable economy; regional economic boost; Delphi method; Analytical Hierarchy Process; VIKOR technique

1. Introduction

In the Leader's Declaration of the Seoul Summit 2010, one of the main G20's goals is to 'boost and sustain global demand, foster job creation, contribute to rebalancing and increase our potential growth through investment in infrastructure' (G20, 2010). Two years later, in the Los Cabos Summit, all G20 members ask Finance Ministers and Central Bank Governors to consider ways in which the G20 can foster investment in infrastructure and ensure availability of sufficient funding for infrastructure projects (G20, 2012). In 2013, the Leader's Declaration of St. Petersburg Summit includes a consideration of the work underway by the World Bank and Regional Development Banks to mobilize and catalyze additional financing for infrastructure investment, particularly in emerging markets and developing countries (G20, 2013). As Haider et al. (2013) asserts, the most widespread opinion among policymakers and economists is that investment in infrastructure development serve both as a tool for job creation and as a stimulus form the economy as a whole. Amador-Jiménez and Willis (2012) have shown the correlation between infrastructures and national development. In addition, Zang et al. (2013) state that the development of sustainable infrastructures are important for the long-term economic growth (ECG).

Investing in infrastructure to develop a territory involves a selection procedure tailored to particular needs. Moreover, policymakers should cope with both the rational and the intuitive to select the best project. Castells and Solé-Ollé (2005) have analyzed the decision making of infrastructure's localization reaching the conclusion that governments invest more in infrastructure in the regions where the electoral productivity is higher, regardless of criteria such as equity

or efficiency. Municipalities governed by a given political party (Solé-Ollé & Sorribas-Navarro 2008) receive more grants if the government belongs the same political party.

Making the optimal decision constitutes a highly complex synergistic problem. As Xiang et al. (2011) exposed, the three pillars of sustainability are economy, environment, and equity, and the balance between the three components highly depends on the social factor in selecting infrastructures (Mladenovic et al. 2014). Therefore, the economy is sustainable if being financially profitable is environmentally friendly and provides social cohesion. For example, sustainability is essential for rural areas, as Adimassu et al. (2013) have explored in sustainable land management in Ethiopia. In addition, Snieska and Simkunaite (2009) have shown that the evaluation model of economic effect of infrastructure must involve determinants tailored to regional peculiarities. Basically, these regional peculiarities are economic and business reality, landscape, geography, urban planning, social aspects, the development potential of the region, etc. Moreover, the decision should be as objective as possible, free from constraints alien to the investment efficiency and sustainability. This paper shows that the issue can be successfully addressed by applying a multicriteria decision expert system to La Costera, Spanish region of Valencia.

2. Methodology

The proposed expert system for selecting a specific infrastructure for sustainable economic boost will consider not only the economic aspects but also criteria such as

*Corresponding author. Email: jcuriel@upv.es

- Fallahpour AR, Moghassel AR. 2012. Evaluating applicability of VIKOR method of multi-criteria decision making for parameters selection problem in rotor spinning. *Fiber Polym.* 13:802–808.
- Fonseca S, Rebelo J. 2010. Economic valuation of cultural heritage: application to a museum located in the Alto Douro Wine Region – world heritage site. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural.* 8:339–350.
- Forman E, Peniwati K. 1998. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *Eur J Oper Res.* 108:165–169.
- G20 (Group of Twenty). 2010. The G20 Seoul Summit Leaders' Declaration. 3.
- G20 (Group of Twenty). 2012. Los Cabos Summit Leaders' Declaration. 1.
- G20 (Group of Twenty). 2013. Leaders' declaration Saint Petersburg Summit. 11.
- Gazley C. 2010. A slice of tourism: the nature, dimensions and geographies of international golf tourism in New Zealand. Wellington: Victoria University.
- Haider M, Crowley D, DiFrancesco R. 2013. Investing in Ontario's infrastructure for economic growth and prosperity. *Ibret BU, Aydinozu D, Bastemur C.* 2013. A geographic study on the effects of coastal tourism on sustainable development: coastal tourism in Cide. *Int J Sustain Dev World Ecol.* 20:134–141.
- Kang D, Park Y. 2014. Review-based measurement of customer satisfaction in mobile service: sentiment analysis and VIKOR approach. *Expert Syst Appl.* 41:1041–1050.
- Kaya T, Kahraman C. 2010. Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: the case of Istanbul. *Energy.* 35:2517–2527.
- Kutut V, Zavadskas EK, Lazauskas M. 2014. Assessment of priority alternatives for preservation of historic buildings using model based on ARAS and AHP methods. *Arch Civ Mech Eng.* 14:287–294.
- Larson EK, Perrings C. 2013. The value of water-related amenities in an arid city: the case of the Phoenix metropolitan area. *Landscape Urban Plan.* 109:45–55.
- Liou JH, Tsai C, Lin R, Tzeng G. 2011. A modified VIKOR multiple criteria decision method for improving domestic airlines service quality. *J Air Transp Manag.* 17:57–61.
- Mladenovic MN, Abbas M, McPherson T. 2014. Development of socially sustainable traffic-control principles for self-driving vehicles: the ethics of anthropocentric design. *The IEEE International Symposium on Ethics in Engineering, Science, and Technology; 2014 May 23–24; Chicago, IL. IEEE.*
- Nagy K. 2012. Heritage tourism, thematic routes and possibilities for innovation. *Theory Methodol Pract.* 8:46–53.
- Neo H. 2001. Sustaining the unsustainable? Golf in urban Singapore. *Int J Sustain Dev World Ecol.* 8:191–202.
- Nickolds G. 2004. Reservoirs as leisure resources and their value. *Proc Inst Civil Eng-Munic Eng.* 157:97–101.
- Opricovic S. 1979. An extension of compromise programming to the solution of dynamic multicriterio problems. *The 9th IFIP Conference on Optimization Techniques; 1979 Sep 4–8; Warsaw.*
- Opricovic S, Tzeng G. 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *Eur J Oper Res.* 178:514–529.
- Pisani C, Villacci D. 2011. A novel AHP framework for decision making in power systems sustainable development. 21st International Conference on Electricity Distribution; Frankfurt, June 6–9; Paper 0954.
- Saaty TL. 1980. *The analytic hierarchy process.* New York (NY): McGraw-Hill.
- Saaty TL. 2012. *Decision making for leaders. the analytic hierarchy process for decisions in a complex world.* Pittsburg (CA): RWS Publications.
- Shen KY, Kou XJ. 2013. Environmental protection and sustainable development of golf. *Adv Mater Res.* 726-731:4069–4072.
- Snieska V, Simkunaite I. 2009. Socioeconomic impact of infrastructure investments. *Inz Ekon.* 3:16–25.
- Solé-Ollé A, Sorribas-Navarro P. 2008. The effects of partisan alignment on the allocation of intergovernmental transfers. Differences-in-differences estimates for Spain. *J Public Econ.* 92:2302–2319.
- Tanner RA, Gange AC. 2005. Effects of golf courses on local biodiversity. *Landscape Urban Plan.* 71:137–146.
- Tavakkoli-Moghaddam R, Mousave SM. 2011. An integrated AHP-VIKOR methodology for plan location selection. *Research note. Int J Eng Trans B: Appl.* 24:127–137.
- Težak S, Zelenika R, Sever D. 2011. Model of sustainable growth and development of the cableway transport system in Slovenia. *Promet.* 23:253–264.
- Tsoutsos T, Drandaki M, Frantzeskaki N, Iosifidis E, Kiosses I. 2009. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy.* 37:1587–1600.
- Uyan M. 2013. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renew Sust Energy Rev.* 28:11–17.
- Vaz E, Nijkamp P, Painho M, Caetano M. 2012. A multi-scenario forecast of urban change: a study on urban growth in the Algarve. *Landscape Urban Plan.* 104:201–211.
- Wu WH, Chiang C, Lin C. 2008. Comparing the aggregation methods in the analytic hierarchy process when uniform distribution. *WSEAS Trans Bus and Econ.* 5:82–87.
- Xiang WN, Stuber RMB, Meng X. 2011. Meeting critical challenges and striving for urban sustainability in China. *Landscape Urban Plan.* 100:418–420.
- Yürüdü E, Dicle M. 2011. Settlements – natural environment relationships and tourism potential in Çamiçi (Tokat – Turkey). *P Soc Behav Sci.* 19:208–215.
- Zavadskas EK, Turksis Z, Tamosiuniene J. 2011. Selection of construction enterprises management strategy based on the SWOT and multi-criteria analysis. *Arch Civ Mech Eng.* 11:1063–1082.
- Zhang SX, Pramanik N, Buurman J. 2013. Exploring an innovative design for sustainable urban water management and energy conservation. *Int J Sustain Dev World Ecol.* 20:442–454.
- Zolfani SH, Aghdaie MH, Derakhti A, Zavadskas EK, Varzandeh MHM. 2013. Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert Syst Appl.* 40:7111–7121.